

团 体 标 准

T/SSC XX—XXXX

超导重力仪检测技术规范

Technical specification for test of superconducting gravimeter

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2022.3.20)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国地震学会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	2
5 测试方法	5
附录 A（规范性）噪声功率谱计算方法	8
附录 B（规范性）仪器噪声计算方法	9
附录 C（资料性）潮汐观测仪器的自噪声估算方法	11
参考文献	13

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。

本文件由中国地质大学（北京）提出。

本文件由中国地震学会归口。

本文件主要起草单位：中国地质大学（北京）、中国地质大学（武汉）、华中科技大学、中国地震局地震预测研究所、湖北省地震局、中国地震局第二监测中心、中国地震局地球物理研究所。

本文件的主要起草人：付广裕、胡祥云、张宁、高尚华、席继楼、刘向东、王振宇、杨君妍、申重阳、祝意青、陈石、黄倩、余雅文、刘泰。

引 言

超导重力仪是一种基于低温超导与磁悬浮技术的、测定相对重力变化的高精度观测仪器，是迄今为止性能最稳定、观测精度最高的连续重力观测仪器，已经在国内外开展了大量的观测工作，取得了众多重要的研究成果。在国家自然科学基金和国家重点研发计划等项目的支持下，国内多家单位开展了超导重力仪自主研发工作，并在实验室实现了与国际先进水平相当的观测精度，具备相当好的应用前景。

为了检测和评估超导重力仪的主要技术指标，促进这类仪器的实用化研究与应用，从我国地震系统重力监测工作的实际需求出发，在系统研究、广泛调研、观测试验和数据分析的基础上，制定本规范。

本文件为超导重力仪提供性能指标要求和测试方法，规定该类仪器进入我国地震台网需要的最低指标要求，同时为新仪器研发提供优化改进方向。

超导重力仪检测技术规范

1 范围

本文件规定了超导重力仪在地震观测中的技术要求及测试方法。
本文件适用于超导重力仪的检测、评估和入网使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是标注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不标注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15464—1995 仪器仪表包装通用技术条件
GB/T 20256—2019 国家重力控制测量规范
JJF 1001—2011 通用计量术语及定义
DB/T 7—2003 地震台站建设规范 重力台站
DB/T 23—2007 地震观测仪器进网技术要求 重力仪

3 术语和定义

GB/T 20256—2019和DB/T 23—2007界定的以及下列术语和定义适用本文件。

3.1

重力仪 gravimeter
测量重力加速度及其变化的仪器。

3.2

相对重力仪 relative gravimeter
测量不同测点之间重力加速度差值或同一测点不同时间重力加速度差值的仪器。

3.3

超导重力仪 superconducting gravimeter
利用超导磁悬浮技术测量相对重力变化的仪器。

3.4

轻便型超导重力仪 portable superconducting gravimeter
便于搬运的、可快速稳定的超导重力仪。

3.5

仪器常数 instrument constant

为给出被测量的重力值或用于计算被测量的重力值，必须与重力仪直接示值相乘的系数。

注：重力仪的仪器常数通常称为格值。

3.6

测程 range

满足规定误差极限的测量范围。

注：测量范围的最大值或最小值即为测程的上限值或下限值。

3.7

仪器漂移 instrumental drift

仪器输入-输出特性随时间的缓慢变化。

3.8

分辨力 resolution

仪器指示装置可有意义地辨别被指示量两邻近值的能力。

3.9

灵敏度 sensitivity

仪器的输出变化量与相应被观测重力差之比值。

3.10

重复度 repeatability

仪器重复测量值之间的一致程度。

3.11

准确度 accuracy

仪器测量值与真值的一致程度。

3.12

启动时间 start-up time

超导重力仪经再安装后至输出有效观测数据需要等待的时间。

3.13

仪器噪声 instrumental noise

在没有任何外部干扰(如振动、温度涨落、电磁干扰等)的情况下，仪器本身的噪声水平。

4 技术要求

4.1 使用条件

4.1.1 环境条件

在地基稳定性较好的室内进行测试和观测工作，室内环境应满足表1所列要求。

表1 观测环境参数范围

环境要素	指标要求
环境温度	4 °C~37 °C
日温度变化	≤0.1°C
年温度变化	≤1°C
相对湿度	≤ 90%
大气压力	60 000 Pa~106 000 Pa

4.1.2 观测条件

观测室、观测墩、辅助观测系统、供电、通讯系统应符合DB/T 7—2003的要求。观测室应宜在环境温度变化小、周围无振动干扰、地基较稳定的室内；观测墩应不低于绝对重力基准站的设计要求；应配备气压、温度、湿度等辅助观测系统；应配备可实现（准）实时传输的通讯系统；应配备稳定的市电供应系统和8小时以上的应急电源，电源条件应满足表2中的电源参数要求。

表2 电源条件

电源类别	电压范围
直流(DC)	10.2 V ~ 13.8 V
交流(AC)	198 V ~ 242 V, 50 Hz

4.1.3 包装与运输条件

除应符合 GB/T 15464-1995 的规定外，超导重力仪在包装运输条件下，整体结构应能承受环境温度的变化和运输振动的冲击。野外运输情况下外部环境高温应不超过+50 °C，低温应不低于-20 °C，运输途中瞬间颠簸幅度应在±200 mm 范围内。

4.2 仪器参数

4.2.1 仪器功耗、重量和外形尺寸

超导重力仪应满足表 3 中的基本参数要求。

表3 功耗、重量和外形尺寸

参数类型	指标要求
功耗（压缩机）	≤ 3500 W
仪器重量（杜瓦和探头）	≤ 60 kg
外形尺寸（杜瓦）	≤ 65 cm(直径)×110 cm(高)

4.2.2 控温装置

应具备控温装置，敏感探头控温分辨力应优于10 μK；控温区域温度变化的绝对值应不大于±10 μK。

4.2.3 液氮损耗

正常工作状态下，液氮“零损耗”。

4.2.4 时钟精度

内部时钟与授时源标准时间同步的时间间隔应小于24 h，时间同步偏差应小于0.2 ms。

4.2.5 电子输出接口

应具备RJ45网络接口，和BLUetooth、USB或CANBUS通讯接口中的任意一种。

4.3 检测项目及性能要求

4.3.1 仪器常数(格值)

格值年变化率应小于 $1: 10^4$ 。超导重力仪的格值单位一般为： $10^{-8} \text{m}\cdot\text{s}^{-2}/\text{V}$ 。
格值的测定精度应优于0.1%。

4.3.2 测程

测程应满足表4的要求。

表4 测程范围

测程类型	指标要求/ $10^{-5} \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
测程	≥ 1

4.3.3 分辨力、重复度和准确度

分辨力、重复度和准确度(精度)应符合表5的要求。

表5 分辨力、重复度和准确度指标要求

参数类别	指标要求/ $10^{-8} \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
分辨力	$\leq \pm 0.1$
准确度	$\leq \pm 1$
重复度(时域中1分钟平均值)	$\leq \pm 0.5$

4.3.4 漂移、噪声水平

漂移和噪声水平应符合表6的要求。

表6 漂移和噪声水平指标要求

参数类别	指标要求
漂移	$\leq 0.5 \times 10^{-8} \text{m}\cdot\text{s}^{-2}/\text{month}$
仪器噪声水平(不含地面震动)	$\leq 0.1 \times 10^{-8} \text{m}\cdot\text{s}^{-2}/\sqrt{\text{Hz}}$ (1mHz-20mHz)
台站测试噪声水平(含地面震动)	$\leq 0.3 \times 10^{-8} \text{m}\cdot\text{s}^{-2}/\sqrt{\text{Hz}}$ (1mHz-20mHz)

4.3.5 启动时间

轻便型超导重力仪再次安装后的启动时间应不大于8h。

4.4 功能要求

4.4.1 测量功能

应能在正常运行状态下，自动产出观测站重力值随时间的变化。

4.4.2 通讯功能

宜兼容中国地震局所属地球物理台网通信与控制协议，以及该协议规定的用户认证、参数设置、数据汇集、设备控制、状态监视等网络通信功能。

4.4.3 时钟及授时功能

宜通过GNSS接收机和时间网络服务器自动校时，可接收人工指令校时。

4.4.4 人机交互功能

宜通过人机交互界面，实现网络参数、工作参数以及表述参数的设置、查询和监控，时钟系统查询和校对，以及动态显示重力测量结果的人机交互功能。

5 测试方法

标定或者测试场地：应符合DB/T 7—2003的要求，宜选在环境温度变化小、周围无振动干扰、地基较稳定的室内。

5.1 格值标定

标定时间宜选在大潮期间、固体潮变化速率快的时段。用于格值标定的绝对重力仪的观测精度应不小于 $5 \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

将超导重力仪与高精度绝对重力仪并址观测，记录3天以上的潮汐数据。以 ≤ 1 分钟为时间间隔，以超导重力仪输出电压为横轴，以绝对重力仪输出重力值为纵轴，两台仪器同步计数，相同时刻的输出构成坐标系中1个数据点。有效观测数不少于8000。线性拟合所有数据点，其斜率即为超导重力仪的格值。

5.2 测程检测

超导重力仪输出电压的最高值和最低值之间差值记为 ΔR 乘以仪器常数，即为直接测程 ΔG 。 ΔG 不小于表4给出的测程范围即为合格。

5.3 分辨力、重复度和准确度检测

5.3.1 分辨力检测

检测时间宜在大潮期间、固体潮变化速率快的时段。

调整超导重力仪的采样频率，使其每1s输出一个检测记录值，每组检测记录不少于600个。在固体潮上升和下降时间段各进行一组检测。

观测值应随固体潮理论值同步递增或者递减，按式(2)计算比例系数 K_i 。当 $0.5 \leq K_i \leq 1.5 (i=1, 2, 3, \dots, n-1)$ 时，检测结果评定为合格。

$$K_i = \frac{(R_{i+1} - R_i) \times C}{(T_{i+1} - T_i)} \dots\dots\dots(2)$$

式中，

n ——重力仪观测值的个数；

C ——重力仪的格值；

R_i 、 R_{i+1} —— i 、 $i+1$ 时刻对应的重力仪观测值， $i=1, 2, 3, \dots, n-1$ ；

T_i 、 T_{i+1} —— i 、 $i+1$ 时刻对应的固体潮理论值， $i=1, 2, 3, \dots, n-1$ 。

5.3.2 重复度检测

检测宜在重力固体潮变化缓慢的时段进行，也就是农历每月初八或二十二日、固体潮曲线平坦的时段内进行。

重复度的检测应按照 JJF 1001—2011 的要求,在相同条件下，短时间内(不长于 1h)多次对同一测点重复进行测量，检测仪器提供相近示值的能力。重力仪重复度用检测示值用标准差表示。

调整超导重力仪的采样频率，使其每 1s 输出一个检测记录值 R_i (仪器的示值)，每组检测记录不少于 600 个。

将观测值 R_i 转换成重力值，并经固体潮改正后得到 g_i ，重复度标准差 σ 按式(3)计算。当结果符合表 5 约定的精度指标时为合格。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \bar{g})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3)$$

式中，

$$\bar{g} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i ;$$

n ——观测值的个数。

5.3.3 准确度检测

与当前最高精度的商业化超导重力仪并址同步观测，连续观测时间不小于1个月。待仪器稳定后，取观测记录完整、变化缓慢的1小时数据，计算二者差值的平均值。若二者之间的平均值差异符合表5规定的要求时为合格。

5.4 漂移的标定

超导重力仪定点观测期间，同址进行至少两期高精度绝对重力标定观测，标定观测的时间间隔不少于3个月，每期标定观测的时间跨度不少于2天，每小时绝对重力观测的组数不小于50组。用于标定的绝对重力仪的观测精度不小于 $5 \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

用同址观测的绝对重力数据扣除超导重力仪观测到的重力变化，得到的残差变化幅度即为仪器漂移率，简称漂移。漂移的计算公式如式（4）所示。

$$K = \frac{(g_2 - g_1) - (G_2 - G_1)}{t} \dots\dots\dots(4)$$

式中，

- G1、G2 —— 两期绝对重力观测期间获得的绝对重力观测值(经潮汐、气压和温度改正后的结果)；
- g1、g2 —— 两期绝对重力观测期间，超导重力仪给出的观测值(经潮汐、气压和温度改正后的结果)；
- t —— 两期标定观测的时间间隔。

5.5 噪声水平检测

在检测场地上，以相同的采样率，将标定好的超导重力仪与待检测的超导重力仪并址观测，观测时间不少于4天，以1s为时间间隔同步计数。采用相关分析法进行评估，扣除共模的地面震动噪声，从而获得仪器的噪声水平。

台站测试噪声水平（含地面震动）功率谱计算方法见附件A或者附件C；仪器自噪声水平（不含地面震动）计算方法见附件B。

仪器噪声水平满足表6规定的噪声水平要求时为合格。

5.6 流动后启动时间检测

5.6.1 测试场地与条件

测试场地由室内场地与室外场地两部分组成。室内检测场地应符合DB/T 7—2003的要求，宜选在环境温度变化小、周围无振动干扰、地基较稳定的室内。室外运输通过一般的城市公路、路况良好的乡间公路、高速公路等；运载车辆宜为减震性能良好的越野车或者厢式车；运输途中瞬间颠簸幅度应在±200 mm范围内。运输环境温度范围：最高温度不超过+50℃，最低温度不低于-20℃。

5.6.2 检测方法

在室内观测场地进行超导重力观测，所使用仪器为轻便型超导重力仪，稳定运行至少2天后停止观测，将超导重力仪拆装，装载至减震效能较好的车辆上，车载重力仪行走不少于200 km，回归室内检测场地，重新安装并观测。开始运行并同步计时，观察仪器输出数据的情况，待其稳定输出观测数据。稳定输出观测数据的判断标准：10分钟内观测数据的离散度与流动前观测数据的离散度相当。

计算方法如下：

第一步、取流动前较为稳定的10分钟观测数据，进行线性拟合，然后对实测数据与拟合直线之间的差异进行均方根统计，获得流动前10分钟观测数据的均方根误差统计值。计算公式如下：

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta g_i^2 / n(n-1)} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中， Δg_i 为第*i*个观测值与相应时间点拟合值的差，*n*为观测值的个数。

第二步、以1分钟为时间窗截取流动后观测数据，同样利用公式（5）进行均方根误差计算。若流动后数据均方根误差明显大于流动前的结果，则延后1分钟截取观测数据，再进行均方根误差计算，直到流动后数据均方根误差接近或者达到流动前的结果为止，即可认为仪器输出达到稳定。

5.6.3 检测结果

归址安装完毕后，开机运行并同步计时，到仪器稳定输出正确数据为止（流动后数据的均方根误差接近或者达到流动前结果），该时间间隔定义为流动后启动时间。该时间间隔满足4.3.5规定的性能指标要求时为合格。

附 录 A
(规范性)
噪声功率谱计算方法

设含噪声的观测数据序列的采样率为 f_s 。将输入序列分为 M 段，每段序列长度为 N 。计算序列长度为 N 的余弦窗函数的通用表达式为

$$w(n) = A_0 - A_1 \cos \frac{2\pi n}{N} + A_2 \cos \frac{4\pi n}{N} - A_3 \cos \frac{6\pi n}{N} + \dots \dots \dots (A.1)$$

参照DB/T 22—2020，式中系数 A_i 的取值参见表A.1。

表 A.1 部分余弦窗函数系数表

序号	窗名	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
1	汉宁窗	0.5	0.5	—	—	—	—
2	汉明窗	0.54	0.46	—	—	—	—
3	布莱克曼窗	0.42	0.5	0.08	—	—	—
4	2-term Cosine-Sum	5.38355e-1	4.61645e-1	—	—	—	—
5	3-term Cosine-Sum	4.24380e-1	4.97341e-1	7.82793e-2	—	—	—
6	4-term Cosine-Sum	3.63582e-1	4.89177e-1	1.36600e-1	1.06411e-2	—	—
7	5-term Cosine-Sum	3.23215e-1	4.71492e-1	1.75534e-1	2.84970e-2	1.26136e-3	—
8	6-term Cosine-Sum	2.93558e-1	4.51936e-1	2.01416e-1	4.79261e-2	5.02620e-3	1.37556e-4

为增加分段数量并保持较大的序列长度 N 值，各个分段之间可有50%~75%的数据重叠。对分段数据应用表A.1第1项至第6项所对应的窗函数进行加权，然后进行FFT计算，得到频域序列 $X_i(k)$ ，相应的计算公式见(A.2)。

$$X_i(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_i(n)w(n)e^{-j2\pi kn/N} \dots \dots \dots (A.2)$$

式中， $x_i(n)$ 为第 i 分段数据序列， $w(n)$ 为窗函数。

按照公式(B.3)计算平均功率谱。

$$\hat{P}(k) = \frac{4N^2}{M \sum_{n=0}^{N-1} w^2(n)} \sum_{i=0}^{M-1} |X_i(k)|^2, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \frac{N}{2} - 1 \dots \dots \dots (A.3)$$

按照公式(B.4)计算 $f_k = \frac{kf_s}{N}$ ($k = 0, 1, 2, \dots, \frac{N}{2} - 1$) 频点的噪声功率谱密度。

$$P(f_k) = \frac{N}{f_s} \hat{P}(k) \dots \dots \dots (A.4)$$

附 录 B
(规范性)
仪器噪声计算方法

B.1 使用两台仪器同步记录数据计算仪器噪声的方法

本方法适用于两台参数相近的观测仪器(地震仪、重力仪、应变仪等),通过同步观测数据估算其噪声功率谱密度。

当两台仪器摆放的足够近、且方位一致时,可以认为观测的是同一个地点的振动量。设仪器观测的某一分向的地面振动信号为 $x(t)$, 两台仪器的自身噪声分别为 $n_1(t)$ 和 $n_2(t)$, 频率响应分别为 $H_1(f)$ 和 $H_2(f)$, 信号输出分别记为 $y_1(t)$ 和 $y_2(t)$ 。

设 $X(f)$, $N_1(f)$, $N_2(f)$, $Y_1(f)$, $Y_2(f)$ 分别为 $x(t)$, $n_1(t)$, $n_2(t)$, $y_1(t)$, $y_2(t)$ 的功率谱密度, $P_{12}(f)$ 为 $y_1(t)$ 和 $y_2(t)$ 的互功率谱密度。假设各仪器的噪声是不相关的,则两台仪器输出信号的功率谱密度和互功率谱密度可使用公式(B.1)、(B.2)和(B.3)计算。

$$Y_1(f) = (X(f) + N_1(f)) |H_1(f)|^2 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

$$Y_2(f) = (X(f) + N_2(f)) |H_2(f)|^2 \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

$$P_{12}(f) = X(f) \cdot H_1(f) \cdot H_2^*(f) \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

公式(B.4)定义了信号 $y_1(t)$ 和 $y_2(t)$ 的幅值平方相干函数。

$$C_{12}(f) = \frac{|P_{12}(f)|^2}{Y_1(f) \cdot Y_2(f)} \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

按照公式(B.5)可估算两台仪器的噪声功率谱密度。

$$\begin{cases} N_1(f) = \frac{1 - C_{12}(f)}{|H_1(f)|^2} Y_1(f) \\ N_2(f) = \frac{1 - C_{12}(f)}{|H_2(f)|^2} Y_2(f) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

B.2 使用三台仪器同步记录数据计算仪器噪声的方法

本方法适用于三台参数相近的观测仪器通过同步观测数据估算其噪声功率谱密度。

当三台观测仪器摆放的足够近、且方位一致时,可以认为观测的是同一个地点的振动量。仪器观测的某一分向的地面振动信号记为 $x(t)$, 三台仪器的自身噪声分别记为 $n_1(t)$ 、 $n_2(t)$ 和 $n_3(t)$, 频率响应分别记为 $H_1(f)$ 、 $H_2(f)$ 和 $H_3(f)$, 信号输出分别记为 $y_1(t)$ 、 $y_2(t)$ 和 $y_3(t)$ 。

第*i*台仪器输出信号的频谱可表示为:

$$Y_i = XH_i + N_iH_i \quad \dots\dots\dots (B.6)$$

假设各仪器的噪声是不相关的,则 $y_1(t)$ 、 $y_2(t)$ 和 $y_3(t)$ 之间的互功率谱为:

$$P_{ij} = Y_i \cdot Y_j^* = P_{xx} H_i H_j^* \quad \dots\dots\dots (B.7)$$

使用公式(B.8)可估算各台仪器的噪声功率谱密度 N_{ii} 。

$$N_{ii} = \frac{1}{|H_i|^2} \left(P_{ii} - P_{ii} \frac{P_{ik}}{P_{jk}} \right) \dots\dots\dots (B.8)$$

公式(B.6)、(B.7)和(B.8)中下角标的取值为： $i, j, k = 1, 2, 3$ ，且 $i \neq j \neq k$ 。

附录 C

(资料性)

潮汐观测仪器的自噪声估算方法

本方法适用于利用单台或多台潮汐仪器（如超导重力仪、应变仪等）的观测数据估算其噪声功率谱密度。

相对于地震仪获得的观测数据，潮汐仪器观测的数据一般属于相对低频的数据，有已知的输入信号（潮汐力），且仪器超低频部分的性能指标（如长期漂移的非线性）备受到关注。由于上述特性，针对潮汐仪器的功率谱分析，其频谱的时间窗不是以1分钟为单位，而是以1天为单位展开。

一个推荐的潮汐仪器功率谱分析处理流程如下：

- (1) 将观测数据降采样为1分钟或者1小时采样数据；
- (2) 利用海潮模型获取观测站附近的海潮负荷响应；
- (3) 利用Tsoft等软件去除观测数据中的尖峰、突跳、间断、地震等信号，消除干扰，然后计算并扣除海潮负荷影响和线性非潮汐漂移项；
- (4) 利用BAYTAP-G、ETERNA等软件对上述预处理后的数据进行潮汐分析，将观测数据分解为非常规项（或称噪声）、非线性漂移（或称趋势项）和潮汐信号三个部分，如图C-1所示；
- (5) 采用汉宁等窗函数，利用Welch平均功率谱图等功率谱密度的计算方法，分别计算上述非常规项、非线性漂移和潮汐信号的功率谱，其中非线性漂移的功率谱可近似视为仪器的自噪声功率谱；非常规项的功率谱可近似视为台基噪声功率谱。

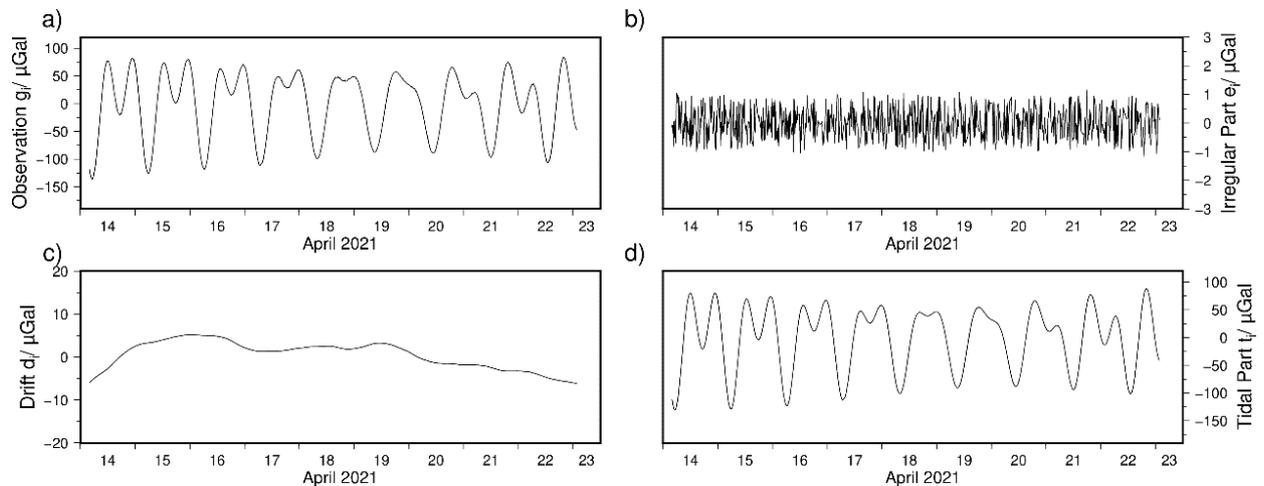


图 C-1：重力固体潮观测数据潮汐分析结果（示例）。a) 观测信号预处理结果；b) 非常规项信号；c) 非线性漂移项；d) 潮汐信号。

Welch 功率谱计算公式为：

$$\hat{I}_N^l(f) = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L I_N^l(f) \quad \dots\dots\dots(C.1)$$

其中，

$$I_N^l(f) = \frac{1}{UN} \left| \sum_{n=0}^{N-1} x_M^l(n) w(n) \epsilon^{-j\omega n T} \right|^2 \quad 1 \leq l \leq L$$

$$U = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} w^2(n)$$

上式中, U 为窗函数的能量, $w(n)$ 为窗函数, 参见公式 A.1。 L 为信号分段数, N 为各序列长度, $e^{-j\omega nT}$ 表示进行傅里叶变换。

若有两台(或以上)潮汐仪器并址长期观测(如1个月以上), 则可以从观测数据中剔除潮汐信号, 得到非潮汐信号(图C-1中的b+c), 将两台仪器的非潮汐信号进行互相关分析, 其中互相关信号可视为台基噪声, 非相关部分则可视为仪器自噪声, 从而得到潮汐仪器的自噪声功率谱。

参考文献

- [1] DB/T 7—2003 地震台站建设规范 重力台站.
 - [2] 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.
 - [3] DB/T 23—2007 地震观测仪器进网技术要求 重力仪.
 - [4] DB/T 39—2010 地震台网设计技术要求 重力观测网.
 - [5] DB/T 22—2020 地震观测仪器进网技术要求 地震仪.
 - [6] GB/T 18207.2—2005 《防震减灾术语 第2部分：专业术语》.
 - [7] 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.
 - [8] JJF 1001—2011 通用计量术语及定义.
-