

广东省地方计量检定规程
《全球卫星导航定位采集回放仪》（征求意见稿）

编制说明

2021年10月

目录

| | |
|-------------------|-----------|
| 一、任务来源----- | 1 |
| 二、规程起草目的与意义----- | 1 |
| 三、规程制定原则----- | 1 |
| 四、主要制定部分编制说明----- | 2 |
| 1、范围：----- | 2 |
| 2、引用文件----- | 2 |
| 3、术语----- | 2 |
| 4、概述----- | 3 |
| 5、计量性能要求----- | 3 |
| 6、通用技术要求----- | 3 |
| 7、计量器具控制----- | 错误！未定义书签。 |

编制说明

一、任务来源

《全球卫星导航定位采集回放仪》广东省地方检定规程的编制任务，是经粤市监量发 [2020]304 号《广东省市场监督管理局关于下达 2020-2021 年广东省地方计量检定规程任务计划的通知》批准正式立项，由广州计量检测技术研究院负责起草，主要起草人为黄浩、卢家煌、王萍和刘伯涛。

二、规程起草目的与意义

目的：制定相关的检定规程，提供有效的检定方法，为卫星导航信号采集回放仪提供溯源，对广东地区这些相关行业的发展起到支撑作用，促进区域经济发展，对卫星导航信号采集回放仪起到监管作用，进一步提高本地企业市场竞争力。

意义：卫星导航信号采集回放仪能够对卫星导航系统（北斗、GPS 等）的导航信号进行实时的采集和存储，并能将采集存储的导航信号无失真的回放，广泛的应用于各类卫星导航产品的性能测试，但是由于各个生产厂商的产品，标准不一，测试方案各异，所以很有必要建立一套采集回放仪的检定规程，本检定规程旨在提供计量标准，规范卫星导航信号采集回放仪技术参数指标。

三、规程制定原则

根据现有的国家标准、行业标准、企业标准和专家意见、建议，以现有的生产技术为前提，与国际惯例靠近、接轨的原则，为卫星导航定位采集回放仪的计量性能提供技术依据，规程格式依据检定规程编写规范进行编写。

参考与依据的相关标准和文件：

JJF（通信） 042-2020 全球导航卫星系统 GNSS 信号采集回放仪校准规范

GB/T 39472-2020 北斗卫星导航系统信号采集回放仪性能要求及测试方法

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1002-2010 《国家计量检定规程编写规则》

四、主要制定部分编制说明

1、范围：

适用于卫星导航定位采集回放仪的首次检定、后续检定和使用中检验。

2、引用文件

本规程引用下列文件：

JJF(通信)042-2020 《全球导航卫星系统 GNSS 信号采集回放仪校准规范》

GB/T39472-2020 《北斗卫星导航系统信号采集回放仪性能要求及测试方法》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程

3、术语

下列术语适用于本规程

3.1 采集带宽 acquisition bandwidth

采集回放仪采集 GNSS 载波频点或通道中心频率时，载波频点或中心频率左右功率下降 3 dB 时的频带宽度。

[JJF(通信)042—2020,3.1]

3.2 回放信号频率 playback frequency

采集回放仪回放 GNSS 的载波频率。

[JJF(通信)042—2020,3.2]

3.3 采集回放仪 signal record and playback device

将卫星导航系统射频信号转换成数字信号进行保存，并能将所保存的数字信号转换成射频模拟信号播发的仪器。

4、概述

采集回放仪通过采集回放真实环境中的卫星导航信号对导航终端进行测试，是一种介于模拟测试和真实测试的补充采集回放仪将采集到的卫星导航信号进行储存、回放。主要由射频接收模块、信号采集模块、信号合成模块、射频发射模块、数据存储与管理模块、时钟基准模块、外部接口等功能模块构成。仪器结构示意图见图 1。

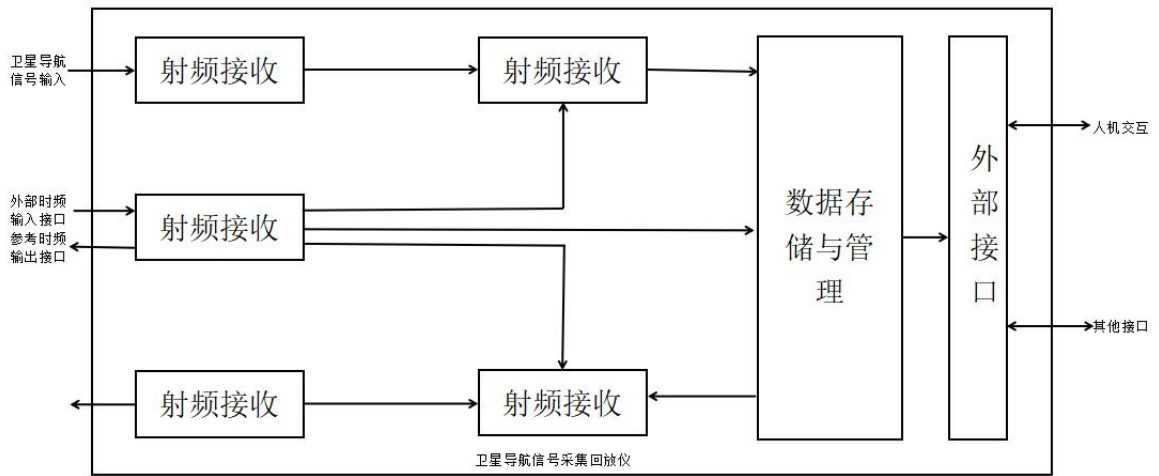


图 1 采集回放仪结构示意图

5、计量性能要求

5.2 采集带宽

采集带宽： ≥ 20 MHz。

5.3 回放信号频率偏差

回放信号频率偏差： $\pm(0\sim 100)$ Hz。

5.4 内部时基

相对频率偏差：优于 1×10^{-7} ；频率稳定度：优于 5×10^{-8} /s。

5.5 信号回放功率控制范围

信号回放功率控制范围： -90 dBm~ -30 dBm。

5.6 信号回放功率误差

信号回放功率误差： ≤ 3 dB。

5.7 伪距准确度

伪距准确度： ≤ 0.6 m。

6 通用技术要求

6.1 外观与常规检查

6.1.1 仪器应具有下列标识：名称、型号、出厂编号、制造厂名及制造日期，铭牌应清晰地贴在明显处。

6.1.2 仪器外观结构应完好，仪器及附件的所有零件应紧固无松动，不应有妨碍正常工作的机械损伤。

6.2 通电性检查

通电后，各部件都能正常工作，各旋钮、按键应能正常调节，显示单元应清晰完整。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检查。

7.1 检定条件

7.1.1 环境温度： (23 ± 5) °C。

7.1.2 相对湿度： ≤ 80 %。

7.1.3 电源电压： (220 ± 11) V；频率 (50 ± 1) Hz。

7.1.4 实验室应无影响测量结果的电磁干扰。

7.1.5 检定前被检仪器应预热至少 30 min。

7.2 计量标准器具及配套设备

7.2.1 信号发生器

频率：250 kHz~6 GHz，最大允许误差： $\pm 5 \times 10^{-8}$ ；

功率范围： $(-130 \sim 0)$ dBm，最大允许误差： ± 1.5 dB。

7.2.2 频谱分析仪

频率：100 kHz~6 GHz，最大允许误差： $\pm 5 \times 10^{-8}$ ；

功率范围： $(-130 \sim 0)$ dBm，最大允许误差： $\pm (1 \sim 3)$ dB，线性度： ± 0.2 dB。

7.2.3 测量接收机

频率：100 kHz~6 GHz，最大允许误差： $\pm 5 \times 10^{-8}$ ；

功率范围：(-130~0) dBm，功率分辨力：0.01 dB，最大允许误差：±0.5 dB。

7.2.4 GNSS 导航模拟器

频点：包含采集回放仪支持的 GPS、BDS、GLONASS 等频点；

功率输出范围：(-150~-50) dBm；最大允许误差：±2 dB；伪距精度：优于±0.05 m。

7.2.5 GNSS 接收机

频点：包含采集回放仪支持的 GPS、BDS、GLONASS 等频点。

静态定位精度平面：±(2.5+1×10⁻⁶D) mm，高程±(5+1×10⁻⁶D) mm；

RTK 定位精度平面：±(8+1×10⁻⁶D) mm，高程±(15+1×10⁻⁶D) mm。

7.2.6 频标比对器

频率范围：5 MHz 或 10 MHz，比对不确定度：优于 1×10⁻¹¹ /s(k=2)。

7.2.7 频率计

频率：10 Hz~6 GHz，分辨力：1 Hz~100 Hz。

7.2.8 参考时间频率源

频率范围：5 MHz 或 10 MHz，频率准确度：优于 1×10⁻¹⁰，

频率稳定度：优于 1×10⁻¹¹ /s。

7.2.9 功率计

频率：100 kHz~6 GHz；

功率范围：(-20~20) dBm，功率分辨力：0.01 dB，最大允许误差：±0.3 dB。

7.2.10 隔直器

频率范围：100 kHz~6 GHz；插入损耗：≤1 dB。

7.3 检定项目

首次检定、后续检定及使用中检查项目见表 2。

表 2 检定项目

| 检定项目 | 首次检定 | 后续检定 | 使用中检查 |
|----------|------|------|-------|
| 外观及通电性检查 | + | + | + |
| 采集回放频点 | + | - | - |
| 采集带宽 | + | - | - |
| 采集回放频率偏差 | + | - | - |

| | | | |
|-----------------------|---|---|---|
| 内部时基 | + | + | - |
| 回放信号功率 控制范围 | + | + | + |
| 信号回放功率误差 | + | + | - |
| 伪距准确度 | + | + | + |
| 注：“+”为必检项目，“-”为非必检项目。 | | | |

7.4 检定方法

7.4.1 外观与通电性检查

待检采集回放仪外观应完好无损，无影响正常工作的机械损伤，其开关、按键、旋钮应正常，显示屏能正常显示。待检仪器通电后，按照规定时间进行预热，应能正常工作。

7.4.2 采集回放频点

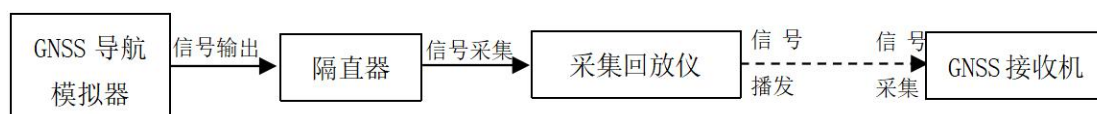


图 2 采集频点测试图

a) 仪器连接如图 2 所示，采集回放仪信号采集端一般有直流馈电，在导航模拟器与采集回放仪之间串联隔直器，隔离直流电压保证 GNSS 导航模拟器安全。

b) GNSS 导航模拟器输出采集回放仪能采集的频点信号，信号幅度在采集回放仪采集信号的幅度范围内，采集回放仪采集导航信号 10 min。

c) 设置采集回放仪回放记录的导航信号，信号幅度应在 GNSS 接收机接受范围内，GNSS 接收机应能接收解算相应频点的导航信号，且上报定位信息。

7.4.3 采集带宽

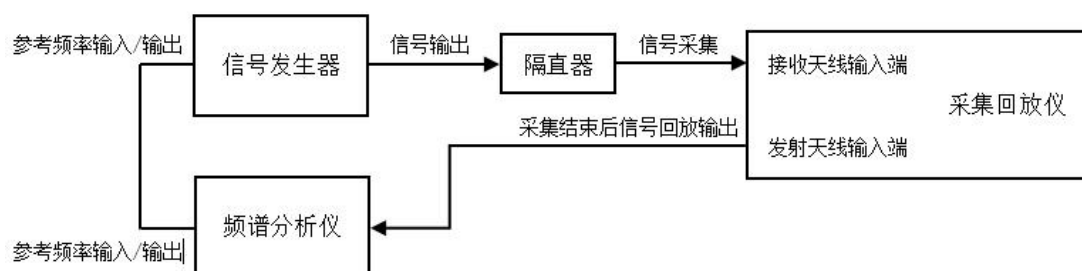


图 3 采集带宽测试图

a) 仪器连接如图 3 所示；

b) 采集回放仪设置为任意采集功能（单频点或多频点），采集带宽，采集比特位和采集频率设为适当值或自动；

c) 采集回放仪采集频点或通道中心频率为 f_c ，信号发生器设置为单次扫频功能，扫频步进 50 kHz，步进时间为 20 ms，扫频起始频率为 $f_c - f_{BW}/2$ ，终止频率为 $f_c + f_{BW}/2$ ，输出信号电平为 -50 dBm（或采集回放仪支持的信号幅度范围内较大值）；

d) 设置频谱分析仪扫频范围与信号发生器一致，参考电平高于回放电平 20 dB，分辨力带宽、视频带宽自动，显示设置为最大保持功能；

e) 设置采集回放仪开始采集，信号发生器启动扫频信号，扫频完成后停止采集，保存采集文件；

f) 调出采集后文件，设置回放信号电平为最大，回放采集的扫频信号，使用频谱分析仪记录回放信号的波形曲线，用标记读取中心频率 f_c 处的电平，打开标记增量功能，调节增量标记，使增量标记在中心频率分别向左边和右边下降至 $f_c - f_{BW}/2$ ， $f_c + f_{BW}/2$ 处，下降过程中，增量电平应均不小于 -3 dB，则采集带宽 f_{BW} 符合要求。若增量标记在中心频率分别向左边和右边下降过程中，增量电平达到 -3 dB，则分别记录增量电平 -3dB 处的频率 $f_{左(-3dB)}$ ， $f_{右(-3dB)}$ ，按公式（1）计算实际采集带宽；

g) 采集带宽可设置为不同值或不同通道设置采集带宽不同的，需要重新设置重复 b) ~f) 步骤测量采集带宽。如果采集回放仪没给出具体采集带宽值，设置扫频范围大于信号采集频点下最大调制带宽包含的频率范围，测量实际采集带宽值。

$$f_{BW} = f_{右(-3dB)} - f_{左(-3dB)} \quad (1)$$

式中：

f_{BW} — 采集带宽，Hz；

$f_{左(-3dB)}$ — 中心频率左侧下降电平下降 3 dB 处的频率值，Hz；

$f_{右(-3dB)}$ — 中心频率右侧下降电平下降 3 dB 处的频率值，Hz。

7.4.4 采集回放信号频率偏差

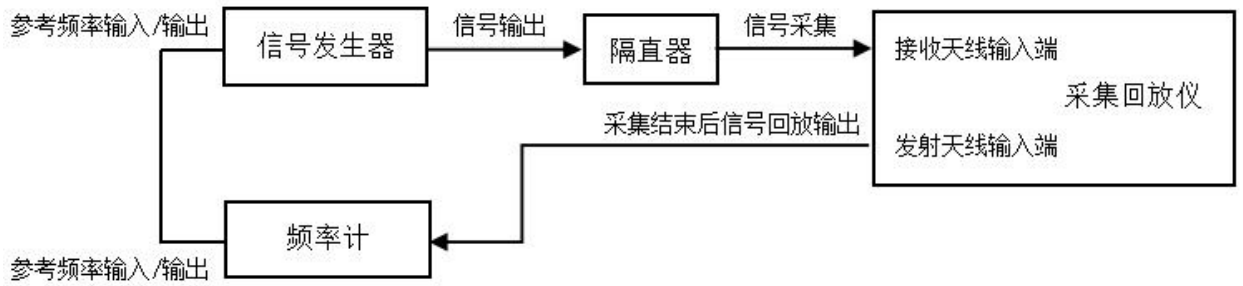


图 4 回放信号频率偏差测试图

- a) 仪器连接如图 4 所示；
- b) 设置信号发生器输出信号频率为采集回放仪可以采集的任一频点 f_c ，输出电平为 -50dBm（或采集回放仪支持的信号幅度范围内较大值），采集回放仪比特位和采集频率设为适当值或自动，采集回放仪采集信号发生器输出信号 5 min；
- c) 设置采集信号回放仪回放采集信号，用频率计读取回放信号频率值 f_x ，按公式 (2) 计算回放信号频率偏差；
- d) 改变信号发生器输出频率为其他频点，重复 b)，c) 步骤，测量其他频点的回放信号频率偏差。

$$\Delta f = f_x - f_c \quad (2)$$

式中：

Δf — 频率偏差，Hz；

f_x — 输出回放信号频率值，Hz；

f_c — 输入采集信号频率值，Hz。

7.4.5 内部时基

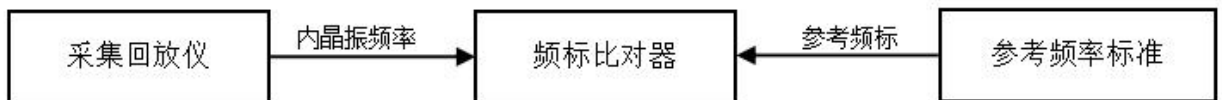


图 5 内部时基测试图

- a) 仪器连接如图 5 所示；
- b) 设置频标比对器采样时间为 10 s，测量采集回放仪的内部晶体振荡器的相对平均频率偏差，取其绝对值作为频率准确度；
- c) 设置频标比对器采样时间为 1 s，采样组数为 100，读取阿伦标准差值作为采集回

放仪的内部晶体振荡器的 1 s 频率稳定度实测值。

7.4.6 信号回放功率控制范围

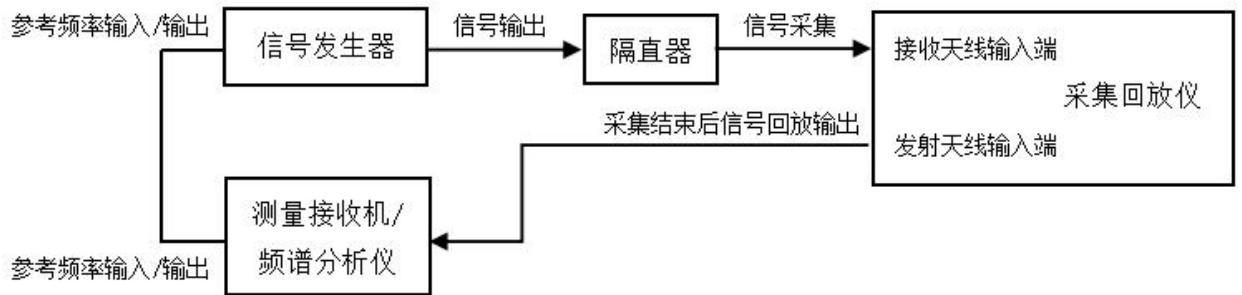


图 6 信号回放功率控制范围测试图

- 仪器连接如图 6 所示；
- 设置信号发生器输出采集回放仪支持频点的单载波信号，输出电平为采集回放仪射频输入端口允许的采集信号输入功率较大值；
- 设置采集回放仪采集信号发生器的输出信号，每频点采集时间不小于 10 min；
- 采集结束后，设置采集回放仪回放步骤(c)记录的采集信号，分别输出采集信号的最大功率电平和最小功率电平；
- 使用测量接收机或频谱分析仪（使用信号发生和功率计对频谱分析仪该测试频点的-10 dBm 游标峰值电平进行校准）测量回放信号的电平值，分别读取实测最大功率 P_{\max} 和最小功率 P_{\min} ；
- 重复步骤 b) ~ e) 测出各被测频点的最大输出功率和最小输出功率。

7.4.7 信号回放功率误差

- 仪器连接如图 6 所示；
- 设置信号发生器输出采集回放仪支持频点的单载波信号，输出功率设为采集回放仪射频输入端口允许的采集信号输入功率较大值；
- 设置采集回放仪采集信号发生器的输出信号，每频点采集时间不小于 10 min；
- 采集结束后，在该频点的 $P_{\max} \sim P_{\min}$ 回放功率范围内以 10 dB 为步进选取一组功率值作为测试功率 P_0 ，设置采集回放仪分别回放步骤(c)记录的选定的采集信号功率；
- 使用测量接收机或频谱分析仪（使用信号发生和功率计对频谱分析仪该测试频点的-10 dBm 游标峰值电平进行校准）测量回放信号的电平值，读取实测功率 P_x ，按公式(3)计算回放信号功率；

f) 重复步骤 b)~e)测出各被测频点的回放功率误差。

$$\Delta P = P_0 - P_x \quad (3)$$

式中：

ΔP —功率误差，dB；

P_0 —输出回放信号功率值，dBm；

P_x —实测输出回放信号功率值，dBm。

7.4.8 伪距准确度

伪距准确度用 GNSS 接收机与采集回放仪间、星间伪距双差的标准偏差表征。

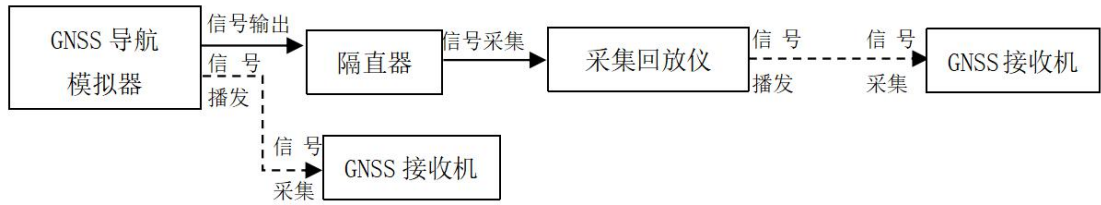


图 7 伪距准确度测试图

- 仪器连接如图 7 所示，按照各设备的说明书的要求进行预热；
- 设置 GNSS 导航模拟器仿真静止载体场景，可见卫星数不少于 10 颗，关闭卫星导航信号模拟器的星历误差、星钟误差、电离层延迟、对流层延迟等各距离误差项；
- 设置 GNSS 导航模拟器输出被测导航信号类型，输出功率设为-120 dBm；
- 用被检采集回放仪采集 GNSS 导航模拟器的输出信号，采集时间 30 min，回放时信号功率设置为匹配 GNSS 接收机最佳工作点的功率（必要时外加衰减器）；
- 用 GNSS 接收机接收回放信号并记录个时刻的伪距观测值；
- 根据公式（4）~公式（5）分别计算回放信号的伪距准确度。

$$\nabla \Delta x_{ij} = (x_{ij} - x_{i0}) - (x'_{ij} - x'_{i0}) \quad (4)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} (\nabla \Delta x_{ij})^2}{2 \sum_{i=1}^n (m_i - 1)}} \quad (5)$$

式中：

$\nabla \Delta x_{ij}$ —接收机与模拟输出的导航信号的 j 卫星在 i 历元的伪距双差值，m；

x_{ij} — i 历元接收机 j 卫星的伪距观测值，m；

x_{i0} — i 历元接收机基准星（设其序号为 0）的伪距观测值，m；

x'_{ij} — i 历元模拟器输出的 j 卫星伪距值，m；

x'_{i0} — i 历元模拟器输出的基准星（设其序号为 0）的伪距值，m；

m_i —接收机在 i 历元有伪距输出的卫星（通道）数目；

n —历元总数

7.5 检定结果的处理

按本规程检定合格的仪器，发放检定证书，内页格式见附录 B；检定不合格的仪器，发放检定结果通知书，并注明不合格的项目，内页格式见附录 B。

7.6 检定周期

检定周期一般不超过 1 年，在此期间仪器经修理或对测量结果有疑问时，应及时检定。

