

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1471—2024

全球导航卫星系统(GNSS) 信号模拟器校准规范

Calibration Specification for GNSS Signal Simulators

2024-06-14 发布

2024-12-14 实施

国家市场监督管理总局 发布

全球导航卫星系统(GNSS)

信号模拟器校准规范

Calibration Specification for GNSS

Signal Simulators

JJF 1471—2024

代替 JJF 1471—2014

归口单位：全国时间频率计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

北京交通大学

中国电子科技集团公司第十研究所

本规范起草人：

杨志强（中国计量科学研究院）

张爱敏（中国计量科学研究院）

梁 坤（北京交通大学）

潘 柳（中国电子科技集团公司第十研究所）

梁桂海（中国电子科技集团公司第十研究所）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(3)
5.1 GNSS 信号模拟器	(3)
5.2 RDSS 入站接收机	(4)
6 校准条件	(4)
6.1 环境条件	(4)
6.2 测量标准及其他设备	(4)
7 校准项目和校准方法	(6)
7.1 校准项目	(6)
7.2 校准方法	(7)
8 校准结果表达	(16)
9 复校时间间隔	(17)
附录 A 原始记录格式	(18)
附录 B 校准证书 (内页) 格式	(24)
附录 C 校准结果的不确定度评定示例	(27)
附录 D 矢量信号发生器产生 RDSS 入站信号的方法	(37)
附录 E RDSS 入站接收机双向设备时延测量误差的测量方法	(39)

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成修订本规范的基础性系列规范。

本规范是对 JJF 1471—2014《全球导航卫星系统（GNSS）信号模拟器校准规范》的修订，除编辑性修改外，主要修订内容如下：

- 增加了北斗 RDSS 信号模拟器及北斗 RDSS 入站接收机的校准；
- 增加了模拟器伪距误差和伪距率误差的校准；
- 增加了模拟器动态范围和伪距率分辨力的通用计数器校准方法；
- 增加了 RDSS 入站接收机双向设备时延测量误差的测量方法；
- 补充了部分引用文件、术语和计量单位。

本规范历次版本发布情况为：

- JJF 1471—2014。

全球导航卫星系统(GNSS) 信号模拟器校准规范

1 范围

本规范适用于全球导航卫星系统(GNSS)信号模拟器(含北斗RDSS信号模拟器)的校准。

2 引用文件

本规范引用了以下文件：

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1180 时间频率计量名词术语及定义

JJF 1403 全球导航卫星系统(GNSS)接收机(时间测量型)校准规范

GB/T 19391 全球定位系统(GPS)术语及定义

GB/T 39267—2020 北斗卫星导航术语

GB/T 39413—2020 北斗卫星导航系统信号模拟器性能要求及测试方法

BD 420007 北斗用户终端RDSS单元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范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规范。

3 术语

3.1 加加速度 jerk

加速度的时间变化率。

3.2 内部通道延迟 internal channel delay

模拟器内部通道的信道特性引入的信号时延。

3.3 卫星无线电测定业务 Radio Determination Satellite Service; RDSS

由用户接收主控站通过高轨道卫星(GEO)转发的导航信号，响应后再由GEO卫星转发至主控站完成距离测量，用户位置及时间参数由主控站计算的导航体制。

3.4 RDSS出站信号 RDSS outbound signal

北斗卫星导航系统RDSS业务中由主控站发射经卫星转发至用户的无线电信号。

3.5 RDSS入站信号 RDSS inbound signal

北斗卫星导航系统RDSS业务中由用户发射经卫星转发至主控站的无线电信号。

3.6 RDSS双向设备时延 RDSS two-way time delay of device

RDSS用户设备从接收信号到达天线口面至发射信号离开天线口面的时间延迟。

4 概述

GNSS信号模拟器(以下简称模拟器)是GNSS系统信号发生器，用于模拟产生特

定的 GNSS 系统信号。模拟器提供全球导航卫星系统导航信号仿真，卫星星座可包括 BDS（北斗卫星导航系统）、GPS（全球定位系统）、GALILEO（伽利略系统）、GLO-NASS（格洛纳斯系统）等，可用在 GNSS 接收机的研发、生产和计量过程的各个环节。

GNSS 信号模拟器的基本结构和工作原理如图 1 所示。仿真控制、数字仿真模块对导航卫星、信号传输环境和接收用户进行建模，模拟导航系统全星座的运行和用户的运动状态，运算产生信号模型参数；以内部时基为参考，射频模拟信号生成模块按照各导航系统接口控制协议要求，生成各种卫星导航射频信号。

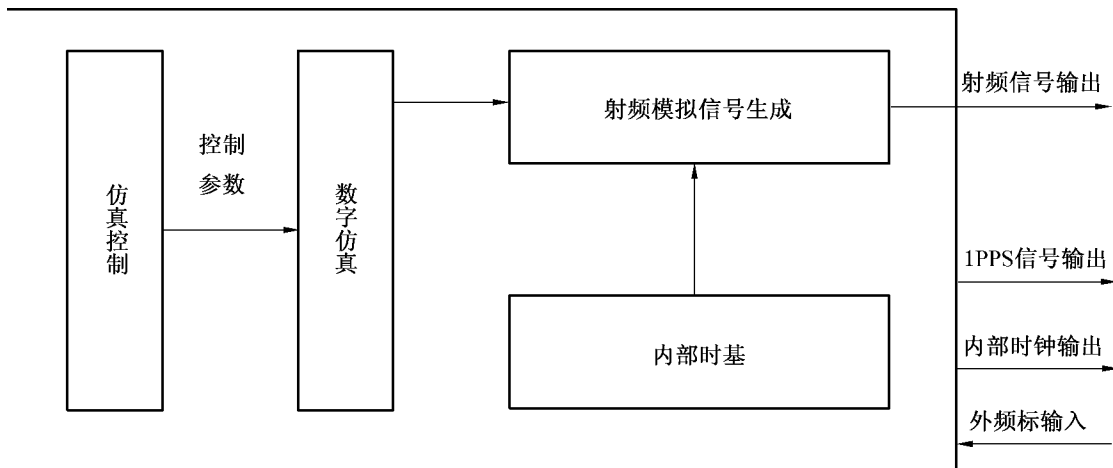


图 1 GNSS 信号模拟器的基本结构和工作原理

模拟器通常包含出站信号模拟和入站信号解算功能，其中出站信号模拟部分与传统的 GNSS 信号模拟器类似，入站信号解算部分称为 RDSS 入站接收机，有时也以独立设备的形态出现。RDSS 入站接收机用于测试北斗 RDSS 终端入站信号的发射频率、发射功率、相位调制误差、载波抑制和双向设备时延等指标。

RDSS 入站接收机的基本结构和工作原理如图 2 所示。RDSS 入站信号经射频前端处理，得到中频信号；信号采集模块对中频信号进行采集；数字信号处理模块对采集到的信号进行同步、解调和参数估计，最后得到输入电文和信号的频率、幅度、相位调制误差、载波抑制和双向设备时延等参数。

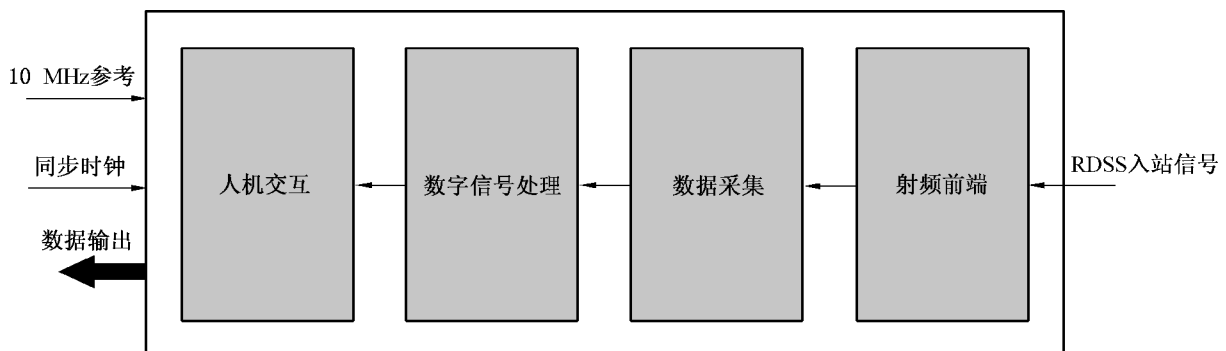


图 2 RDSS 入站接收机基本结构和工作原理

5 计量特性

5.1 GNSS 信号模拟器

5.1.1 射频信号载波频率偏差

(-100~100) Hz。

5.1.2 功率范围

大信号输出口：(-60~-20) dBm；

小信号输出口：(-170~-70) dBm。

5.1.3 功率分辨力

(0.1~2) dB。

5.1.4 功率偏差

±(0.5~2) dB。

5.1.5 动态范围

a) 速度动态范围：(0~36 000) m/s；

b) 加速度动态范围：(0~2 000) m/s²；

c) 加加速度动态范围：(0~2 000) m/s³。

5.1.6 伪距分辨力和伪距误差

a) 伪距分辨力：(0.01~0.1) m；

b) 伪距误差：≤ 0.05 m。

5.1.7 伪距率分辨力和伪距率误差

a) 伪距率分辨力：(0.01~0.1) m/s；

b) 伪距率误差：≤ 0.01 m/s。

5.1.8 内部通道延迟

(0~15) ns。

5.1.9 谐波抑制

(-60~-20) dBc。

5.1.10 非谐波抑制

(-60~-30) dBc。

5.1.11 相位噪声

(-90~-60) dBc/Hz (傅里叶频率 10 Hz)；

(-100~-65) dBc/Hz (傅里叶频率 100 Hz)；

(-110~-70) dBc/Hz (傅里叶频率 1 kHz)；

(-120~-80) dBc/Hz (傅里叶频率 10 kHz)；

(-130~-85) dBc/Hz (傅里叶频率 100 kHz)。

5.1.12 内部时基

相对频率偏差：±5×10⁻¹¹~±5×10⁻⁸；

频率稳定度：1×10⁻¹²~1×10⁻⁹ (τ=1 s)。

5.1.13 误差矢量幅度

2%~20%。

5.2 RDSS 入站接收机

5.2.1 频率测量

最大允许误差： $\pm (1 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-8})$ 。

5.2.2 功率测量

最大允许误差： $\pm (0.5 \text{ dB} \sim 2 \text{ dB})$ 。

5.2.3 载波抑制测量

最大允许误差： $\pm (0.5 \text{ dB} \sim 2 \text{ dB})$ 。

5.2.4 相位调制误差测量

最大允许误差： $\pm (0.5\% \sim 2\%)$ 。

注：以上指标仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 内任选一点，校准过程中温度变化不超过 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 环境相对湿度： $\leq 80\%$ 。

6.1.3 电源电压： $(220 \pm 22) \text{ V}$ ；

电源频率： $(50 \pm 1) \text{ Hz}$ 。

6.1.4 无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 功率计

频率范围：100 kHz~3.6 GHz；

测量范围： $-80 \text{ dBm} \sim 0 \text{ dBm}$ ；

最大允许误差： $\pm 0.2 \text{ dB}$ ；

最小分辨力：0.01 dB。

6.2.2 测量接收机

频率范围：100 kHz~3.6 GHz；

相对电平测量范围： $-140 \text{ dB} \sim 0 \text{ dB}$ ；

最大允许误差： $\pm 0.2 \text{ dB}$ ；

最小分辨力：0.01 dB。

6.2.3 实时频谱分析仪

频率范围：100 Hz~3.6 GHz；

最大允许误差： $\pm 0.1 \text{ Hz}$ （使用外部参考源）。

6.2.4 微波频率计（具有外频标输入功能）

频率范围：1 GHz~3.6 GHz，最小分辨力：1 Hz。

6.2.5 高速数字示波器

频率范围：100 kHz~3.6 GHz；

采样率： ≥ 80 GS/s；

时间分辨力： ≤ 12.5 ps；

存储深度： ≥ 2 GS。

6.2.6 频谱分析仪

频率范围：20 Hz~3.6 GHz；

电平测量最大允许误差： ± 1 dB；

动态范围： ≥ 100 dB。

6.2.7 低噪声合成信号发生器

频率范围：10 MHz~3.6 GHz；

相位噪声：优于被校模拟器 10 dB。

6.2.8 相位噪声测量系统

频率范围：10 MHz~3.6 GHz；

频偏范围：1 Hz~1 MHz；

附加相位噪声：优于被校模拟器 10 dB。

6.2.9 频标比对器

测量范围：1 Hz~30 MHz；

附加频率稳定度：优于被校模拟器相应采样时间频率稳定度的 1/3。

6.2.10 参考频率源

输出频率：5 MHz 或 10 MHz；

相对频率偏差：优于 $\pm 5 \times 10^{-12}$ ；

频率稳定度：优于被校模拟器相应采样时间频率稳定度的 1/3。

6.2.11 低噪声放大器

频率范围：(1~3.6) GHz；

附加相位噪声：优于被校模拟器相应相位噪声 10 dB。

6.2.12 矢量信号分析仪

频率范围：20 Hz~3.6 GHz；

解调分析带宽：120 MHz。

6.2.13 峰值功率计

频率范围：50 MHz~3.6 GHz；

功率测量范围： -30 dBm~20 dBm；

功率测量误差： $\pm 5\%$ 。

6.2.14 矢量信号发生器

频率范围：10 MHz~3.6 GHz；

幅度范围： -60 dBm~10 dBm；

调制带宽： ≥ 40 MHz；

存储深度： ≥ 20 MSa。

6.2.15 功率放大器

频率范围： $1\ 615.68$ MHz ± 4.08 MHz；

增益：20 dB~40 dB。

6.2.16 通用计数器（具有外频标输入功能）

频率范围：1 GHz~3 GHz；

取样时间：1 s 无间断取样；

最大允许误差：±0.02 Hz。

注：以上条件为校准中需遵循的一般性要求，根据实际情况也可做合理变化。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 1。

表 1 校准项目表

序号	校准项目名称		
1	外观及工作正常性检查		
2	GNSS 信号模拟器	射频信号载波频率偏差	
3		功率控制	功率范围
4			功率分辨力
5			功率偏差
6		动态范围	速度动态范围
7			加速度动态范围
8			加加速度动态范围
9		误差控制	伪距分辨力和伪距误差
10			伪距率分辨力和伪距率误差
11			内部通道延迟
12		频谱纯度	谐波抑制
13			非谐波抑制
14			相位噪声
15		内部时基	相对频率偏差
16			1 s 频率稳定度
17		误差矢量幅度	
18	RDSS 入站接收机	频率测量	
19		功率测量	
20		载波抑制测量	
21		相位调制误差测量	

7.2 校准方法

所有校准用设备均需按各自技术说明书规定的时间预热。

部分参数校准利用模拟器的校准输出口或大信号输出口；如无校准输出口或大信号输出口，则利用模拟器通用射频信号输出口，必要时配合使用低噪声放大器。

7.2.1 外观及工作正常性检查

被校准模拟器不应有影响正常工作及读数的机械损伤，各项标识应清晰完整，输入输出插座应牢靠，按键及旋钮应能正常动作并接触良好。仪器通电后状态正常，显示器能正常显示。达到规定预热时间后各输出端有相应信号输出，各项功能检查正常。有自检功能的，应能通过自检。

7.2.2 射频信号载波频率偏差

校准连接如图 3 所示。

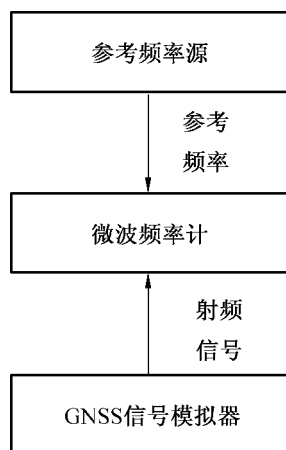


图 3 模拟器射频信号载波功率校准

- 模拟器开机，选择待测导航系统和频点；
- 设置场景为卫星和载体均为静态，仿真单通道单载波信号；
- 利用微波频率计（使用外部参考频率源）对射频信号载波频率 f_m 测量并记录；
- 根据模拟器输出射频信号载波频率标称值 f_0 及式（1），计算射频信号载波频率偏差 Δf_c ，作为射频信号载波频率偏差校准值。

$$\Delta f_c = f_m - f_0 \quad (1)$$

7.2.3 功率控制

7.2.3.1 功率范围

校准连接如图 4 所示。

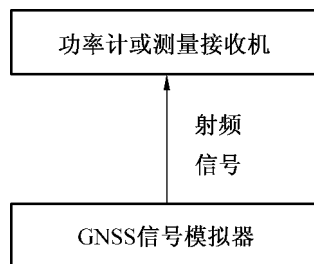


图 4 模拟器信号输出功率控制校准

- a) 模拟器开机，选择待测导航系统和频点；
- b) 设置场景为卫星和载体均为静态，仿真单通道单载波信号；
- c) 根据模拟器输出信号功率范围指标，设置信号最大和最小功率，利用功率计或测量接收机进行测量并记录，作为模拟器输出信号功率范围校准值；
- d) 如果信号功率低至功率计或测量接收机无法测量，可通过测量模拟器校准口（或大信号口）和通用射频信号口的最大功率获得两口间衰减值，利用测得的模拟器校准口（或大信号口）的最小功率结合衰减值，得到模拟器输出信号最小功率值。

7.2.3.2 功率分辨力

校准原理框图如图 4。

- a) 模拟器开机，选择待测导航系统和频点；
- b) 设置场景为卫星和载体均为静态，仿真单通道单载波信号；
- c) 在模拟器功率范围内，设置初始信号功率，利用功率计或测量接收机进行测量并记录，根据模拟器功率分辨力指标增加或减少模拟器信号功率，利用功率计或测量接收机进行测量并记录，两次功率测量值相减，差值作为功率分辨力校准值。

7.2.3.3 功率偏差

校准原理框图如图 4。

- a) 模拟器开机，选择待测导航系统和频点；
- b) 设置场景初始为卫星和载体均为静态，仿真单通道单载波信号；
- c) 根据模拟器输出信号功率范围指标，在功率范围内，挑选至少 5 个校准功率点，功率计或测量接收机依次测量相应功率值 P_m 并记录；
- d) 根据模拟器输出信号功率标称值 P_0 和式 (2)，计算功率偏差 ΔP ，作为功率偏差校准值。

$$\Delta P = P_m - P_0 \quad (2)$$

7.2.4 动态范围

7.2.4.1 速度与加速度动态范围

(1) 实时频谱仪法

校准连接如图 5。

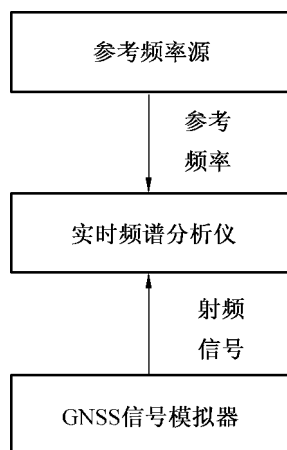


图 5 模拟器信号动态范围校准（实时频谱仪）

- a) 模拟器开机，选择待测导航系统和频点；
- b) 设置场景，仿真单颗卫星单载波，载波频率为 f_0 ，初始卫星与载体均为静态，规定时间（如 1 min）后，设置载体径向初始加速度为模拟器加速度范围指标上限，初始速度为 0 m/s，使速度达到模拟器速度范围指标上限，保持匀速一定时间（如 1 min）；
- c) 启动仿真；
- d) 将实时频谱分析仪中心频点设为载波频率，观察扫频信号，记录扫频范围 Δf ，并记录从最低端开始到最高端的一次完整扫频的时间 t_{all} ；
- e) 基于多普勒频移原理，利用式（3）计算速度， $(-v \sim +v)$ 作为模拟器速度动态范围校准值；利用式（4）计算加速度， $(-a \sim +a)$ 作为模拟器加速度动态范围校准值。

$$v = \Delta f \cdot \frac{c}{f_0} \quad (3)$$

$$a = \frac{\Delta f}{t_{\text{all}}} \cdot \frac{c}{f_0} \quad (4)$$

式中， c 为光速，取值为 299 792 458 m/s。

(2) 通用计数器法

校准连接如图 6。

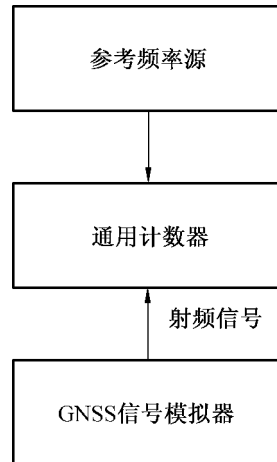


图 6 模拟器动态范围校准（通用计数器法）

- a) 模拟器开机，选择待测导航系统和频点。
- b) 设置场景，仿真单颗卫星单载波，载波频率为 f_0 ，初始卫星与载体均为静态，规定时间（如 1 min）后，设置载体径向初始加速度为模拟器加速度范围指标上限、初始速度为 0 m/s，使速度达到模拟器速度范围指标上限，保持匀速一定时间（如 3 min）。
- c) 启动仿真。
- d) 设置通用计数器取样时间为 1 s，测量载体静态时的载波频率，记为 f_m ，连续记录模拟器载波频率从 $f_m \sim f_m + \Delta f$ 的变化过程，记为 f_i ($i=1, 2, 3 \dots n$)。
- e) 速度达到最大值后，连续从 f_i 中取 100 个测量值，计算平均值 $\overline{f_i}$ ，按多普勒频

移原理，利用式（5）计算速度 v ，取 $(-v \sim v)$ 作为模拟器速度动态范围校准值。

$$v = \overline{\Delta f} \cdot \frac{c}{f_0} \quad (5)$$

式中， $\overline{\Delta f} = \overline{f_i} - f_m$ 。

f) 从 f_i 中，取速度上升过程中的一段，计算其一阶导数序列为 f'_i ，按式（6）计算加速度 a ， $(-a \sim +a)$ 作为模拟器加速度动态范围校准值。

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f'_i \cdot \frac{c}{f_0} \quad (6)$$

7.2.4.2 加加速度动态范围

(1) 实时频谱仪法

校准原理框图如图 5 所示。

a) 模拟器开机，选择待测导航系统和频点；

b) 设置场景，仿真单颗卫星单载波信号，载波频率为 f_0 ，初始卫星与载体均为静态，规定时间（如 1 min）后，载体在径向上开始以模拟器加加速度动态范围上限值进行匀加加速度运动，规定时间（如 5 s）后，载体以匀速运动运行；

c) 启动仿真；

d) 将实时频谱分析仪中心频点设为载波频率，观察扫频信号，记录扫频范围 Δf ，并记录从最低端开始到最高端的一次完整扫频的时间 t_{all} ；

e) 基于多普勒频移原理，利用式（7）计算加加速度， $(-J \sim +J)$ 作为模拟器加加速度动态范围校准值。

$$J = \frac{2\Delta f}{t_{\text{all}}^2} \cdot \frac{c}{f_0} \quad (7)$$

(2) 通用计数器法

校准连接如图 6 所示。

a) 模拟器开机，选择待测导航系统和频点；

b) 设置场景，仿真单颗卫星单载波，载波频率为 f_0 ，初始卫星与载体均为静态，规定时间（如 1 min）后，载体在径向上开始以模拟器加加速度动态范围上限值进行匀加加速度运动，规定时间（如 5 s）后，载体以匀速运动运行；

c) 启动仿真；

d) 测量载体静态时的载波频率，记为 f_m ，连续记录模拟器载波频率从 $f_m \sim f_m + \Delta f$ 的变化过程，记为 f_i ($i=1, 2, 3 \dots n$)；

e) 从 f_i 中，取速度上升过程中的一段，计算其二阶导数序列为 f''_i ，按式（8）计算加加速度 J ， $(-J \sim +J)$ 作为模拟器加加速度动态范围校准值。

$$J = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f''_i \cdot \frac{c}{f_0} \quad (8)$$

7.2.5 误差控制

7.2.5.1 伪距分辨力和伪距误差

校准连接如图 7 所示。

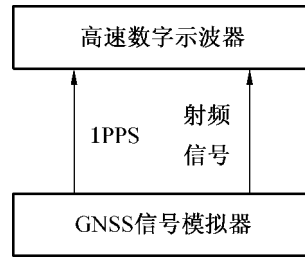


图7 模拟器信号误差控制校准

- a) 将模拟器开机，选择待测导航系统和频点；
- b) 设置场景，卫星和载体均为静态，径向距离为 0 m，仿真单通道单载波信号；
- c) 启动仿真；
- d) 实时采集高速数字示波器上 1PPS 信号与射频载波信号过零点的时间差 ΔT_1 ，并记录；

e) 根据模拟器伪距分辨力指标增加或减少模拟器径向距离，实时采集高速数字示波器上 1PPS 信号与射频载波信号相位翻转点的时间差 ΔT_2 ，并记录；

- f) 利用式 (9) 计算伪距变化值，作为伪距分辨力校准值；

$$\Delta\rho = (\Delta T_2 - \Delta T_1) \times c \quad (9)$$

g) 设置被测模拟器场景径向距离为 N (例如 100 m)，在伪距范围内，挑选至少 5 个校准点，实时采集高速数字示波器上 1PPS 信号与射频载波信号相位翻转点的时间差 ΔT_3 ，并记录；

- h) 利用式 (10) 计算伪距误差校准值。

$$\Delta\rho = (\Delta T_3 - \Delta T_1) \times c - N \quad (10)$$

7.2.5.2 伪距率分辨力和伪距率误差

(1) 数字示波器法

校准原理框图如图 7 所示。

- a) 将模拟器开机，选择待测导航系统和频点。
- b) 设置场景，卫星和载体均为静态，径向距离为 0 m，仿真单通道单载波信号。
- c) 启动仿真。
- d) 实时采集高速数字示波器上 1PPS 信号与射频载波信号过零点的时间差 ΔT_1 ，并记录。

e) 将径向速度改变为 $\dot{\rho}_1$ ，规定时间 Δt_1 (例如 10 s) 后，将径向速度恢复为 0 m/s。

f) 实时采集高速数字示波器上 1PPS 信号与射频载波信号相位翻转点的时间差 ΔT_2 ，并记录。

g) 根据模拟器伪距率分辨力指标改变径向速度为 $\dot{\rho}_2$ ，规定时间 Δt_2 (例如 10 s) 后，径向速度恢复为 0 m/s。

h) 实时采集高速数字示波器上 1PPS 信号与射频载波信号相位翻转点的时间差 ΔT_3 ，并记录。

- i) 利用式 (11) 计算伪距率变化值，作为伪距率分辨力校准值。

$$\dot{\rho} = (\Delta T_3 - \Delta T_2) \times c / \Delta t_2 - (\Delta T_2 - \Delta T_1) \times c / \Delta t_1 \quad (11)$$

j) 恢复径向距离为 0 m，在速度范围内，挑选至少 5 个校准点，设置被测模拟器场景径向速度为 $\dot{\rho}_3$ （例如 100 m/s），规定时间 Δt_1 （例如 10 s）后，将径向速度恢复为 0 m/s；实时采集高速数字示波器上 1PPS 信号与射频载波信号相位翻转点的时间差 ΔT_4 ，并记录。

k) 利用式 (12) 计算伪距率误差校准值。

$$\Delta \dot{\rho} = (\Delta T_4 - \Delta T_1) \times c / \Delta t_1 - \dot{\rho}_3 \quad (12)$$

(2) 通用计数器法

校准连接如图 8 所示。

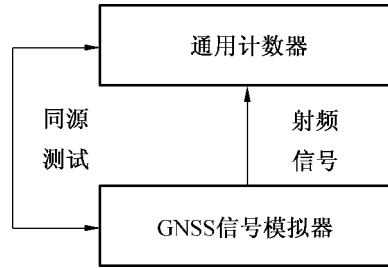


图 8 伪距率校准（通用计数器法）

a) 将模拟器开机，选择待测导航系统和频点；

b) 设置场景，仿真单颗卫星，载体径向初始速度为 0 m/s，仿真单通道单载波信号；

c) 启动仿真；

d) 设置通用计数器取样时间 τ 为 1 s，测量模拟器输出射频信号载波频率 f_0 ；

e) 根据模拟器伪距率分辨力指标改变径向速度 $\dot{\rho}_1$ ，设置通用计数器取样时间 τ 为 1 s，测量模拟器输出射频信号载波频率 f_1 ；

f) 利用式 (13) 计算伪距率变化值，作为伪距率分辨力校准值；

$$\delta \dot{\rho} = \frac{(f_1 - f_0) \times c}{f_0} \quad (13)$$

g) 在速度范围内，挑选至少 5 个校准点，设置被测模拟器场景径向速度为 $\dot{\rho}_2$ （例如 100 m/s），设置通用计数器取样时间 τ 为 1 s，测量模拟器输出射频信号载波频率 f_2 ；

h) 利用式 (14) 计算伪距率变化值，作为伪距率误差校准值。

$$\Delta \dot{\rho} = \frac{(f_2 - f_0) \times c}{f_0} - \dot{\rho}_2 \quad (14)$$

7.2.5.3 内部通道延迟

校准原理框图如图 7 所示。

a) 将模拟器开机，选择待测导航系统和频点；

b) 设置场景，卫星和载体均为静态，径向距离为 0 m，仿真单通道单颗卫星信号，调制方式为 BPSK 单 I 路；

c) 启动仿真；

d) 观察或实时采集计算高速数字示波器上 1PPS 信号与射频载波信号相位翻转点

的时间差，并记录，作为此通道内部通道时延的校准值；

e) 根据模拟器具体特性，改变硬件通道，重复步骤 b) ~ 步骤 d)。

7.2.6 频谱纯度

7.2.6.1 谐波抑制

校准连接如图 9 所示。

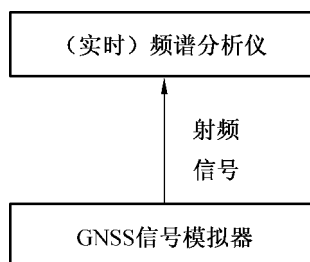


图 9 模拟器信号谐波校准

- 将模拟器开机，选择待测导航系统和频点；
- 设置场景，卫星和载体均为静态，径向距离为 0 m，仿真单通道单载波信号；
- 启动仿真；
- 利用 (实时) 频谱分析仪对输出信号进行分析，读取相应载频功率 P_1 及其二次和三次谐波功率 P_2 和 P_3 ；
- 利用式 (15) 计算谐波抑制水平 H_n ，作为谐波抑制校准值。

$$H_n = P_n - P_1, \quad n = 2 \text{ 或 } 3 \quad (15)$$

7.2.6.2 非谐波抑制

校准连接如图 9 所示。

- 将模拟器开机，选择待测导航系统和频点；
- 设置场景，卫星和载体均为静态，径向距离为 0 m，仿真单通道单载波信号；
- 启动仿真；
- 利用 (实时) 频谱分析仪对输出信号进行分析，读取相应载频功率 P_1 及相应频带内 (频偏参考技术说明书) 杂波 (非谐波) P_m ；
- 利用式 (16) 计算非谐波抑制水平 $H_m = P_m - P_1$ ，作为非谐波校准值。

$$H_m = P_m - P_1 \quad (16)$$

7.2.6.3 相位噪声

校准连接如图 10 所示。

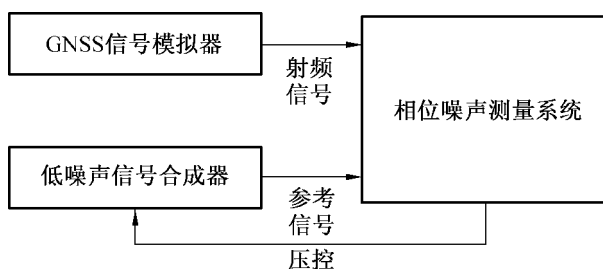


图 10 模拟器信号相位噪声校准

- 将模拟器开机，选择待测导航系统和频点；
- 设置场景，卫星和载体均为静态，径向距离为 0 m，仿真单通道单载波信号；

c) 启动仿真；

d) 利用相位噪声测量系统对输出信号进行分析，读取相应频点处的相位噪声，作为相位噪声校准值。

7.2.7 内部时基

7.2.7.1 相对频率偏差

校准连接如图 11 所示。

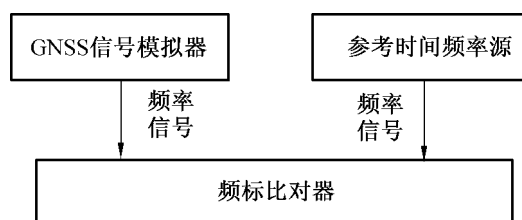


图 11 模拟器内部时基频率偏差校准

设置取样时间 $\tau=100$ s，测量相对频率偏差。

7.2.7.2 1 s 频率稳定度

校准连接如图 11 所示。

设置取样时间为 1 s，取样组数为 100，读取阿伦标准偏差值作为 1 s 频率稳定度校准值。

7.2.8 误差矢量幅度

校准连接如图 12 所示。

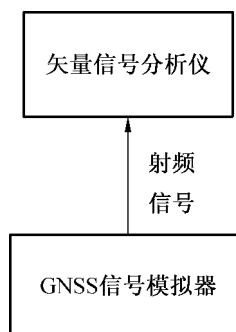


图 12 模拟器信号调制误差矢量幅度校准

a) 将模拟器开机，选择待测导航系统和频点；

b) 设置场景，卫星和载体均为静态，径向距离为 0 m，仿真单通道单颗卫星信号，调制方式为 BPSK 单 I 路；

c) 启动仿真；

d) 按模拟器说明书的要求设置矢量信号分析仪的载频、功率电平、调制频率、调相相偏及检波带宽；

e) 用矢量信号分析仪测量信号 EVM（误差矢量幅度）值，作为 EVM 校准值。

7.2.9 RDSS 入站接收机测量误差

7.2.9.1 频率测量

校准连接如图 13 所示。



图 13 频率测量校准

a) 设置矢量信号发生器按北斗 RDSS 入站信号格式输出入站信号（设置方法见附录 D），幅度为 0 dBm，中心频率为 $1\,615.68\text{ MHz} + \Delta f_0$ ，其中 Δf_0 为 0 Hz；

b) 从被测 RDSS 入站接收机读出入站信号的频差 Δf_x ；

c) 利用式（17）计算频率测量误差；

$$\Delta f = \Delta f_x - \Delta f_0 \quad (17)$$

d) 在标称范围内，设置 Δf_0 的值，至少选择 5 个校准点，重复步骤 a)～步骤 c)，完成 RDSS 入站接收机全频率测量范围的校准。

7.2.9.2 功率测量

校准连接如图 14 所示。

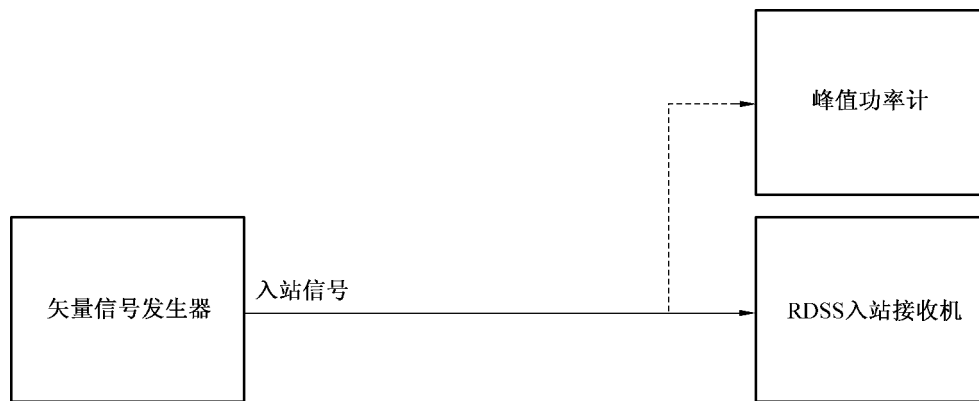


图 14 功率测量校准

a) 设置矢量信号发生器输出北斗 RDSS 入站信号，中心频率为 1 615.68 MHz，输出幅度为 10 dBm；

b) 先将入站信号连接到峰值功率计，测量得到入站信号功率标准值 P_0 ；

c) 然后将入站信号连接到 RDSS 入站接收机，从入站接收机读出相应功率示值 P_x ；

d) 利用式（18）计算功率测量误差；

$$\Delta P = P_x - P_0 \quad (18)$$

e) 在标称范围内，至少选择 5 个校准点，改变矢量信号发生器的输出幅度，重复步骤 b)～步骤 d)，完成 RDSS 入站接收机全功率测量范围的校准。

7.2.9.3 载波抑制测量

校准连接如图 15 所示。

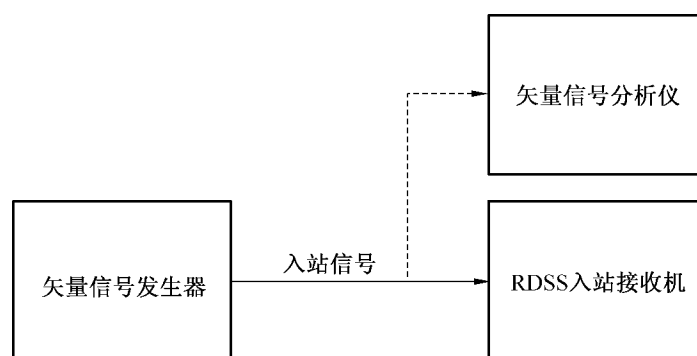


图 15 载波抑制和相位调制误差校准

a) 设置矢量信号发生器输出北斗 RDSS 入站信号，中心频率为 1 615.68 MHz，幅度为 0 dBm，通过对基带数字信号进行预失真处理的方式调整载波抑制为 45 dB；

b) 将矢量信号发生器输出的入站信号接至矢量信号分析仪，设置矢量信号分析仪为上升沿触发，中心频率为 1 615.68 MHz，调制方式为 BPSK，截取入站信号脉内部分进行解调，读取矢量信号分析仪 IQ OFFSET 的绝对值为载波抑制 S_0 ；

c) 将矢量信号发生器输出的入站信号接至被校 RDSS 入站接收机，从被校 RDSS 入站接收机读出相应载波抑制测量值 S_x ；

d) 利用式 (19) 计算载波抑制测量误差；

$$\Delta S = S_x - S_0 \quad (19)$$

e) 在标称范围内，至少选择 5 个校准点，改变矢量信号发生器的载波抑制，重复步骤 b)~步骤 d)，完成 RDSS 入站接收机全载波抑制测量范围的校准。

7.2.9.4 相位调制误差测量

校准连接如图 15 所示。

a) 设置矢量信号发生器输出北斗 RDSS 入站信号，中心频率为 1 615.68 MHz，幅度为 0 dBm，通过对基带数字信号进行预失真处理的方式调整相位调制误差为 0.5° ；

b) 将矢量信号发生器输出的入站信号接至矢量信号分析仪，设置矢量信号分析仪为上升沿触发，中心频率为 1 615.68 MHz，调制方式为 BPSK，截取入站信号脉内部分进行解调，读取相位调制误差 P_{E0} ；

c) 将矢量信号发生器输出的入站信号接至被校 RDSS 入站接收机，从被校 RDSS 入站接收机读出相应相位调制误差 P_{Ex} ；

d) 利用式 (20) 计算相位调制误差；

$$\Delta P_E = P_{Ex} - P_{E0} \quad (20)$$

e) 在标称范围内，至少选择 5 个校准点，改变矢量信号发生器的相位调制误差，重复步骤 b)~步骤 d)，完成 RDSS 入站接收机全相位调制误差测量范围的校准。

8 校准结果表达

由校准方出具“校准证书”或校准报告。包括下列内容：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；

- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

复校时间间隔建议1年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/848027113006006114>