

中关村空间信息产业技术联盟团体标准

T/ZKJXX 00003—2019

全球导航卫星系统 (GNSS) 信号采集回放仪 技术要求

Technical requirements for GNSS signal record & playback instrument

2019-12-04 发布

2019-12-04 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	1
4 概述	2
5 一般要求	2
5.1 通用要求	2
5.2 功能要求	3
5.3 性能要求	3
5.4 电磁兼容性要求	4
6 接口要求	5
7 试验方法	5
7.1 环境条件	5
7.2 外观及工作正常性检查	5
7.3 采集回放频点	5
7.4 采样量化比特位	6
7.5 采集带宽	6
7.6 回放信号频率	7
7.7 回放信号功率	8
7.8 采集回放保真度	8
7.9 内部晶振	9
7.10 气候环境试验	9
附录 A (资料性附录) 常用卫星导航信号拼点及调制带宽	11

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中关村空间信息产业技术联盟提出并归口。

本标准起草单位：北京市计量检测科学研究院、湖南卫导信息科技有限公司、北京浩宇巡天科技有限公司。

本标准主要起草人：梁炜、许原、仲崇霞、吴锦铁、张勇虎、蒋团冬。

全球导航卫星系统（GNSS）信号采集回放仪技术要求

1 范围

本标准规定了全球导航卫星系统（GNSS）信号采集回放仪的系统构成、功能要求、性能要求、安全要求、试验方法和验收方法。

本标准适用于包括GPS、BDS、GLONASS和Galileo的全球导航卫星系统（GNSS）信号采集回放仪的设计、开发、检测和使用。

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

GB/T 19391—2003 全球定位系统术语及定义

GB/T 658—2012 电子测量仪器通用规范

GB 4824—2013 工业、科学和医学（ISM）射频设备电磁骚扰特性的测量方法和限值

GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

JJG 180—2002 电子测量仪器内石英晶体振荡器

BD110001—2015 北斗卫星导航术语

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

GNSS信号采集回放仪 GNSS signal record and playback instrument

能够在真实环境中采集卫星导航信号，并能够将采集到的卫星导航信号进行存储、回放的设备。

3.1.2

量化比特位数 Digitalizing bit

对模拟信号的幅度进行数字化时，区分所有量化级所需二进制数，它决定了模拟信号数字化以后的动态范围和保真度。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BDS 北斗导航卫星系统（Beidou Navigation Satellite System）；

GPS 全球定位系统（Global Positioning System）；

GLONASS: 格洛纳斯导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System) ;

GNS: 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System) 。

4 概述

GNSS信号采集回放仪(3.1.1)是一种可采集真实环境中一定带宽内导航信号并能回放信号的仪器。主要由AD转换、DA转换、上变频、下变频、CPU处理、数据存储、系统时钟、输入/输出单元等构成,其基本结构和工作原理如图1所示。采集回放仪在采集导航信号的同时也采集带宽内的环境干扰信号,通过回放带干扰的导航信号对导航终端进行测试,提供一种精确的、可再现的、可控的导航终端测试验证环境,对导航终端的定位、测速等指标进行测试评估,可应用于智能交通、网约车、共享单车等行业的终端测试。

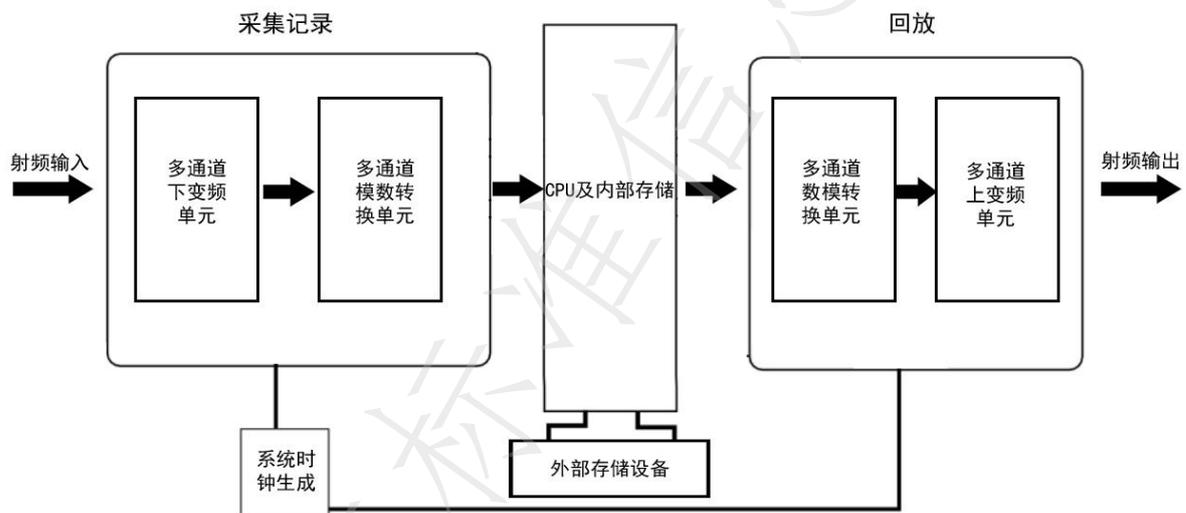


图1 GNSS 信号采集回放仪原理框图

5 一般要求

5.1 通用要求

5.1.1 外观

GNSS 信号采集回放仪的外观应满足一下要求:

- 无锈蚀、锈斑、裂纹、褪色、污迹、变形、镀涂层脱落,亦无明显划痕、毛刺;
- 塑料件应无起泡、开裂、变形;灌注物应无溢出等现象;
- 结构件与控制组件应完整,无机械损伤。

5.1.2 铭牌

铭牌应有清晰持久的铭牌标志。铭牌应安装在主机外表面的醒目位置,铭牌尺寸应与主机结构尺寸相适宜。

铭牌应包括下列内容:

- 名称、型号及规格;

- 制造厂名及商标;
- 出厂年月及编号;

5.2 功能要求

5.2.1 信号采集存储功能

GNSS 信号采集回放仪应具备导航信号采集存储, 通过信号灯和显示屏等方式显示采集频点、采样率、采集时长等工作状态信息, 内部存储器容量和电池容量应支持户外独立工作 1h 以上。

5.2.2 场景文件管理功能

GNSS 信号采集回放仪应具备采集存储的场景文件的管理功能, 可编辑文件的基本信息以及删除、复制和导出采集的场景文件。

5.2.3 信号回放功能

GNSS 信号采集回放仪应具备回放功能, 可通过信号灯和显示屏显示当前回放文件名称、回放时间、回放场景频点、电量等工作状态信息。

5.2.4 故障自诊断功能

GNSS 信号采集回放仪应在出现故障时, 应具备通过信号灯和显示屏等方式显示故障类型或故障代码的能力。

5.3 性能要求

5.3.1 采集回放频点

支持 BDS/GPS/GLONASS/Galileo 导航系统的主要频点, 至少包含 BDS B1、B2, GPS L1、L2、L5 等。

5.3.2 采样量化比特位数

根据用户对信号保真度的需求和存储器实际容量, 应具备 2bit、4bit、8bit、16bit 等不同档位设置。

5.3.3 采样带宽

范围: 10MHz、30MHz、50MHz

满足其支持的卫星导航系统频点信号带宽要求。

5.3.4 回放信号功率

功率范围: $-150\text{dBm} \sim -30\text{dBm}$

衰减范围: $-30\text{dB} \sim -60\text{dB}$

衰减误差: $\pm 1\text{dB}$

5.3.5 采集回放仪信号与原始信号的一致性

回放信号与真实导航信号的一致程度，回放信号经导航接收机测试后，其定位数据、载噪比、定位精度曲线、定位标准差曲线、打点图、星空图、DOP 值、多径指数等参数应与同一导航接收机直接采集真实导航信号保持一致。

5.3.6 内部晶振

相对频率偏差：优于 1×10^{-7} ；

1 秒频率稳定度：优于 1×10^{-8} 。

5.4 电磁兼容性要求

5.4.1 电磁骚扰特性

设备工作时的电磁骚扰发射测试应符合 GB 4824-2013 工业、科学和医学（ISM）射频设备电磁骚扰特性的测量方法和限值中 1 组 A 类设备电磁骚扰限值得要求。限值见下表：

表1 在试验场测量时，电源端子传导骚扰电压限值

频率范围 (MHz)	准峰值限值 (dB μ V)	平均值限值 (dB μ V)
0.15~0.50	79	66
0.50~5.00	73	60
5.00~30	73	60

表2 在试验场测量时，10m 测量距离处的辐射骚扰限值

频率范围 (MHz)	准峰值限值 (dB μ V/m)
30~230	40
230~1000	47

注1在过渡频率处（230MHz）应采用较低的限值

5.4.2 静电放电抗扰度

依据 GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验的要求进行静电放电抗扰度试验，试验等级为 3 级。GNSS 信号采集回放仪试验中及试验后，各项功能应正常，储存的采集数据不应丢失或发生变化。

5.4.3 射频电磁场辐射抗扰度

依据 GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验的要求进行射频电磁场辐射抗扰度试验，试验等级为 3 级，频率为 80MHz~1000MHz，场强 10V/m。试验中及试验后 GNSS 信号采集回放仪不应出现故障，各项功能应正常，储存的数据不应丢失或发生变化。

5.4.4 气候环境适应性

应符合 GB/T 6587—2012 中 4.7 环境适应性的要求，试验条件根据仪器具体使用环境确定环境组别。仪器在承受各项气候环境试验后，应无任何电气故障，仪器外壳、插接器件和端口不应有严重变

形；零部件应无损坏；应无电气故障，紧固部件应无松脱现象，插头、通信接口等插件不应有脱落或接触不良现象；其信号采集、存储、文件管理、信号回放以及故障自诊断功能应保持正常；试验前存储的采集数据不应丢失或改变。

5.4.5 机械环境适应性

表3 振动冲击试验条件

试验名称	试验参数		工作状态
振动试验	扫频范围 (Hz)	5~300	不通电正常放置
	扫频速度 (oct/min)	1	
	扫频时间 (每个方向) (h)	8	
	振幅 (5Hz~11Hz 时峰值) (mm)	10	
	加速度 (11Hz~300Hz 时) (m/s^2)	50	
	振动方向	X、Y、Z 三轴方向	
冲击试验	冲击次数 (X、Y、Z 方向)	各 3 次	不通电正常放置
	峰值加速度 (m/s^2)	10g (g 为重力加速度)	
	脉冲持续时间 (ms)	11	
	方向	X、Y、Z 三轴方向	

在承受振动试验、冲击试验等机械环境试验后，应无永久性结构变形，无零部件损坏，无电气故障，无紧固部件松脱现象，无插头、通信接口等连接器脱落或接触不良现象，其各项功能等应保持正常，无试验前存储的信息丢失现象。

6 接口要求

仪器应具备以下基本接口配置：

——具备内置或外接硬盘接口，接口数据传输速率应满足仪器最高量化比特条件下的数据吞吐量；

——射频输入、输出：SMA、TNC 等，射频输入端口有直流馈电功能，为有源天线供电；

——外时钟输入：SMA、BNC；

——内时钟输出：SMA、BNC；

——秒脉冲输出：SMA、BNC；

——数据传输接口：仪器应具有外部数据读写接口，如以太网口、USB 等；

——应具备内置电池充电接口和外部电源供电接口。

7 试验方法

7.1 环境条件

环境温度 (20 ± 5) $^{\circ}C$ ，环境相对湿度 $\leq 80\%$ 。

7.2 外观及工作正常性检查

用视查法对整机的外观、包装、附件等进行检查。应满足 5.1.1 的要求；加电开机，要求仪器正常开机，各功能键可正常操作。

7.3 采集回放频点

GNSS采集回放仪应能采集和回放其标称的卫星导航系统GPS、BDS、GLONASS和GALILEO频点。



图2 采集回放频点测试连接示意图

相关说明如下：

- 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，隔离直流电压保证模拟器安全；
- b) 导航模拟器输出采集回放仪支持的频点信号，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 分钟；
- c) 设置采集回放仪回放记录的导航信号，信号幅度在接收机接收范围内，导航接收机应能接收解算相应频点的导航信号，且搜星及定位功能正常。

7.4 采样量化比特位

相关说明如下：

- a) 设置采集回放仪采集频率 f_0 ，采样量化比特位 W_{s0} ，采集时间设定为自动采集 1 分钟，采集结束后采集文件大小 $Size$ ，按公式 (1) 计算实际采集量化比特位 W_s 。

$$W_s = \frac{Size \times 8 \times 1024}{1 \times 60 \times f_s \times 10^6} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- W_s ——采样量化比特位，bit；
- $Size$ ——采集文件大小，kB；
- f_s ——采样频率，MHz。

- b) 改变采集回放仪采样量化比特位，重复 a) 测量其它采样量化比特位，计算得到的量化比特位应与设置值 W_{s0} 一致。

7.5 采集带宽

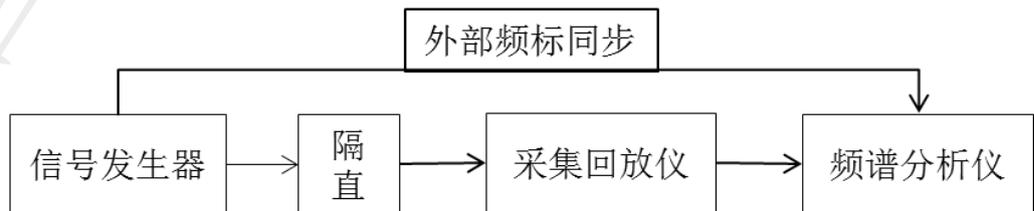


图3 采集带宽连接示意图

相关说明如下：

- a) 仪器连接如图3所示，信号发生器和频谱分析仪参考频率同源，在信号发生器与采集回放仪之间串联隔直器；
- b) 采集回放仪设置为任一采集功能（单频点或多频点），采集带宽 f_{bw} ，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_0 ，信号发生器设置为单次扫频功能，扫频步进 50kHz，步进时间20ms，扫频起始频率为 $f_0 - \frac{f_{bw}}{2} - 5$ ，终止频率为 $f_0 + \frac{f_{bw}}{2} + 5$ ，信号发生器功率设为-50dBm（或采集回放仪支持的信号幅度范围内较大值）；
- d) 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20dB，分辨力带宽、视频带宽自动，显示设为最大保持功能。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。调出采集后文件，设置回放功率电平为最大，回放采集的扫频信号，用频谱分析仪记录完整波形曲线。用光标读取 f_0 处功率电平 P_0 ，改变相对光标，在波形曲线上分别读取中心频率左右两端功率下降3dB时的频率 $f_{左}$ 、 $f_{右}$ ，按公式（2）计算采集带宽。

$$f_{bw} = f_{右} - f_{左} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

f_{bw} ——采集带宽，MHz；

$f_{左}$ ——中心频率左侧功率下降3dB处频率值，MHz；

$f_{右}$ ——中心频率右侧功率下降3dB处频率值，MHz。

- e) 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)~(d)步骤测量采集带宽。如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。

7.6 回放信号频率

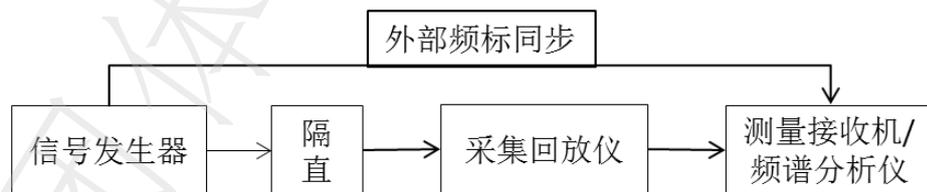


图4 回放信号测试连接示意图

相关说明如下：

- a) 仪器连接如图4所示；
- b) 信号发生器频率设置为采集回放仪可以采集的任一频点 f_0 ，幅度设为-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分钟。
- c) 采集回放仪回放信号，用测量接收机（或频谱分析仪，span 设为 10kHz）读取信号频率值 f_1 ，可按公式（3）计算回放信号相对频率误差。

$$\delta f_0 = \frac{f_0 - f_1}{f_0} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- δf_0 ——回放信号频率偏差；
- f_1 ——回放信号频率实测值，GHz；
- f_0 ——回放信号频率标称值，GHz。

d) 改变信号发生器输出频率为其它频点，重复 b)、c) 测量其它频点回放频率。

7.7 回放信号功率

相关说明如下：

- a) 仪器连接图如图4；
- b) 信号发生器频率设置为采集回放仪可以采集的任一频点 f_0 ，幅度设为-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分钟。如已校准7.6，也可回放其采集文件；
- c) 采集回放仪设置衰减为0，幅度设为最大回放信号，用测量接收机（或频谱分析仪）读取信号电平，为采集回放仪最大回放功率电平 P_{max} ；
- d) 设置采集回放仪回放衰减值 A_0 ，读取信号电平 P_1 ，按公式（4）计算实际衰减值；

$$A_1 = P_{max} - P_1 \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- A_1 ——衰减值实际值，dB；
- P_{max} ——回放信号最大功率电平，dBm；
- P_1 ——衰减后信号功率电平，dBm；

- e) 改变采集回放仪衰减值，重复(d)测量其它衰减值；
- f) 采集回放仪输出最小功率 P_{min} 为设置最小功率幅度减去最大衰减值；
- g) 改变信号发生器输出频率为其它频点，重复(b)~(d)测量其它频点回放信号功率电平。

7.8 采集回放保真度

7.8.1 导航模拟器试验方法



图5 导航接收机直接接收模拟器信号连接示意图

使用经过校准的导航模拟器和经过验证的导航接收机作为标准器。

- a) 如图 5 连接，模拟器设置为静态 30 分钟测试场景，频点 L1、B1、B2、B3，信号电平-90dBm，接收机清空内部导航信息后启动模拟器仿真，接收机搜索捕获卫星，3 分钟定位后，开始记录接收机解算数据，场景结束后保存数据。

b) 如图 2 连接, 模拟器输出端连接到采集回放仪输入端, 模拟器场景不变, 信号输出幅度调整到采集回放仪输入范围内, 启动模拟器仿真后开启采集回放仪采集仿真场景, 仿真结束后停止采集信号, 存储采集的场景。

c) 采集回放仪输出端连接导航接收机, 调节采集回放仪衰减器, 使回放信号电平为 -90dBm , 接收机清空内部导航信息后回放存储的采集信号, 接收机搜索捕获卫星, 定位后开始记录接收机解算数据, 场景结束后保存数据。

比较两次接收机解算数据, 通过定位数据、载噪比、定位精度曲线、定位标准差曲线、打点图、星空图、DOP 值、多径指数这 8 个指标, 验证采集回放仪采集回放的信号与原始信号的一致程度。

7.8.2 真实场景试验方法

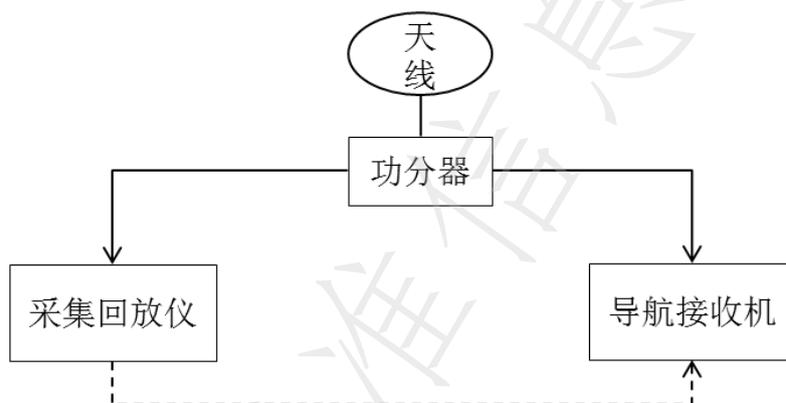


图 6 真实导航信号测试采集回放仪连接示意图

使用经过验证的导航接收机作为标准器, 在已知的标准点上进行试验, 相关说明如下:

- 如图 6 连接, 导航天线放置在开阔场地, 信号经功分器分成两路, 一路接导航接收机, 一路接采集回放仪。接收机清空内部导航信息后启动采集回放仪采集导航信号, 接收机搜索捕获卫星定位后, 开始记录接收机解算数据, 30 分钟后保存接收机数据同时停止采集回放仪采集信号。
- 采集回放仪输出端连接到导航接收机输入端, 调整到采集回放仪衰减使其输出幅度至真实信号幅度, 接收机清空内部导航信息后回放采集的真实信号场景, 接收机搜索捕获卫星, 定位后开始记录接收机解算数据, 场景结束后保存数据。

比较两次接收机解算数据, 通过定位数据、载噪比、定位精度曲线、定位标准差曲线、打点图、星空图、DOP 值、多径指数这 8 个指标, 验证采集回放仪采集回放的信号与真实信号的一致程度。

7.9 内部晶振

内部晶振频率准确度和 1s 频率稳定度的试验方法可依据 JJG 180—2002 电子测量仪器内石英晶体振荡器中相关项目的测量方法进行。

7.10 气候环境试验

7.10.1 高温试验

将存有采集数据的采集回放仪放入温度试验箱, 在 $+85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度下放置 8h, 试验后恢复至室温接通标称电源电压、接入信号正常工作。

采集回放仪在承受高温试验后, 应无任何电气故障, 机壳、插接器等不应有变形; 其采集回放、显示等应保持正常, 试验前存储的数据不应丢失或改变。

7.10.2 低温试验

将存有采集数据的采集回放仪放入温度试验箱，在 $-40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度下放置 8h，试验后恢复至室温接通标称电源电压、接入信号正常工作。

采集回放仪在承受低温试验后，应无任何电气故障，机壳、插接器等不应有变形；其采集回放、显示等应保持正常，试验前存储的数据不应丢失或改变。

7.10.3 恒定湿热试验

将存有采集数据的采集回放仪放入温度试验箱，在温度 85°C ，湿度 95%RH 条件下放置 2h，试验后恢复至室温接通标称电源电压、接入信号正常工作。

采集回放仪在承受恒定湿热试验后，应无任何电气故障，机壳、插接器等不应有严重变形；其采集回放、显示等应保持正常，试验前存储的数据不应丢失或改变。

附 录 A
(资料性附录)
常用卫星导航信号频点及调制带宽

A.1 常用卫星导航信号频点

常用卫星导航信号频点见表A.1。

表A.1 常用卫星导航信号频点

卫星导航频点	中心频点 (MHz)
BDS B1	1561.098
BDS B2\GALILEO E5b	1207.140
BDS B1C\GPS L1\GALILEO E1	1575.420
GPS L2	1227.600
BDS B2a\GPS L5\GALILEO E5a	1176.450
GLONASS G1	1602.000
GLONASS G2	1246.000
GLONASS G3	1202.025

A.2 常见卫星导航信号调制带宽

常见卫星导航信号调制带宽见表A.2。

表A.2 常见卫星导航信号调制带宽

卫星导航频点	调制带宽 (MHz)
BDS B1	4.092
BDS B2	4.092
BDS B1C	4.092
BDS B2a	20.46
GPS L1	2.046
GPS L2C	2.046
GPS L5	20.46
GLONASS G1	8.4
GLONASS G2	6.8

GLONASS G3	20.46
GALILEO E1	4.092
GALILEO E5a	20.46
GALILEO E5b	20.46
