



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 39410—2020

---

## 低轨星载 GNSS 测量型接收机通用规范

General specification for GNSS geodetic receivers onboard low earth orbit satellite

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

---

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义、缩略语..... 1

    3.1 术语和定义 ..... 1

    3.2 缩略语 ..... 2

4 要求 ..... 3

    4.1 组成 ..... 3

    4.2 结构和外观 ..... 3

    4.3 标识 ..... 3

    4.4 元器件和原材料 ..... 3

    4.5 机电热接口 ..... 4

    4.6 功能要求 ..... 4

    4.7 性能要求 ..... 5

    4.8 环境适应性要求 ..... 7

    4.9 可靠性 ..... 7

    4.10 安全性 ..... 7

    4.11 电磁兼容性 ..... 7

5 测试方法 ..... 8

    5.1 测试环境条件 ..... 8

    5.2 测试设备 ..... 8

    5.3 组成检查 ..... 8

    5.4 结构和外观检查 ..... 8

    5.5 标识检查 ..... 8

    5.6 元器件和原材料检查 ..... 8

    5.7 机电热接口检查 ..... 8

    5.8 功能测试 ..... 9

    5.9 性能测试 ..... 9

    5.10 环境适应性测试 ..... 13

    5.11 可靠性检查 ..... 13

    5.12 安全性检查 ..... 13

    5.13 电磁兼容性测试 ..... 13

6 检验规则..... 13

    6.1 检验分类 ..... 13

    6.2 鉴定检验 ..... 13

    6.3 交收检验 ..... 14

6.4	检验项目及顺序 .....	14
6.5	判定规则 .....	15
7	标志、包装、运输及贮存 .....	15
7.1	标志 .....	15
7.2	包装 .....	16
7.3	运输和贮存 .....	16
8	使用说明 .....	16
8.1	使用说明(书)的编写 .....	16
8.2	使用说明的验证方法 .....	16
附录 A (资料性附录)	GNSS 信号频点及带宽 .....	17
附录 B (资料性附录)	低轨典型轨道根数 .....	18



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中央军委装备发展部提出。

本标准由全国北斗卫星导航标准化技术委员会(SAC/TC 544)归口。

本标准起草单位:航天恒星科技有限公司、中国卫星导航工程中心、北京空间飞行器总体设计部、中国航天标准化研究所、北京东方计量测试研究所、航天长征火箭技术有限公司。

本标准主要起草人:刘迎娜、赵鸿娟、赵文亮、董启甲、王盾、刘莹、姜坤、黄晓瑞、吕铁军、董海青、夏天、王维嘉。



# 低轨星载 GNSS 测量型接收机通用规范

## 1 范围

本标准规定了低轨星载全球卫星导航系统(GNSS)测量型接收机的技术要求、测试方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存等内容。

本标准适用于低轨星载 GNSS 测量型接收机的研制、生产、测试、使用和检验。其他用于低轨航天器的 GNSS 测量型接收机也可参考使用。

## 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 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 32304 航天电子产品静电防护要求
- GB/T 39267 北斗卫星导航术语
- GB/T 39268—2020 低轨星载 GNSS 导航型接收机通用规范
- QJ 1417—1988 元器件可靠性降额准则
- QJ 1729A—1996 航天天线测试方法
- QJ 1947 天线术语
- QJ 2266 航天系统电磁兼容性要求
- QJ 2438 航天器包装技术要求
- QJ 20073 卫星电磁兼容性试验要求及方法

## 3 术语和定义、缩略语

### 3.1 术语和定义

GB/T 39267 及 QJ 1947 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**捕获灵敏度 acquisition sensitivity**

接收机在概略位置、概略时间、星历和历书未知的状态下开机,捕获导航信号并正常定位所需的最低信号电平。

#### 3.1.2

**天线增益 antenna gain**

天线在给定方向的辐射强度与输入功率相同的情况下全向天线的辐射强度之比。

注 1: 如方向未给定,则指给定天线最大辐射强度的方向。

注 2: 如天线无损耗,则指给定方向上天线的绝对增益在数值上和它的方向性系数相同。

注 3: 通常以分贝表示。

#### 3.1.3

**天线相位中心 antenna phase center**

天线的一个电气中心,指天线远区辐射场的等相位面与通过天线轴向的平面相交的曲线的曲率

中心。

3.1.4

**轴比 axial ratio**

椭圆极化波的长轴与短轴之比。

3.1.5

**GNSS 信号模拟源 GNSS signal simulator**

模拟产生 GNSS 卫星信号的设备,通常用于接收机的测试、检测和校准。

注: 一般包括数据仿真和射频信号仿真。

3.1.6

**半球发射率 hemisphere emissivity**

黑体单位表面积向整个半球空间发射的所有波长的总辐射。

3.1.7

**轨道根数 orbital elements**

描述卫星在其轨道运行状态的一组参数。

注: 包括轨道半长轴、轨道偏心率、轨道倾角、升交点赤经、近地点幅角、平近点角。

3.1.8

**专用技术文件 technical specification**

卫星研制方对接收机研制方下发的相关技术要求文件。

注: 一般包含卫星设计与建造规范、接口数据单、环境试验规范等。

3.1.9

**单粒子锁定 single event latch-up**

单个高能粒子将器件内寄生的可控硅触发开启,形成低电阻、大电流状态。

3.1.10

**测试场景 test scenario**

为完成特定的功能和性能测试而对测试信号进行的一系列配置。

注: 如导航星座及信号配置、信号传播环境配置、接收机动态配置等。

3.1.11

**首次定位时间 time to first fix**

接收机开机至获得首次正确定位所需的时间。

3.1.12

**抗辐照总剂量 total dose radiation hardness**

材料或器件所能承受的最大辐照剂量的总和。

3.1.13

**跟踪灵敏度 tracking sensitivity**

接收机在正常定位后,能够继续保持对导航信号的跟踪和正常定位所需的最低信号电平。

3.1.14

**电压驻波比 voltage stand wave ratio**

用来衡量阻抗失配的程度,表述天线发射信号的强度,其定义为沿线电压相邻的最大值与最小值之比。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

1PPS:秒脉冲(1 pulse per second)

BDCS:北斗坐标系(BeiDou coordinate system)  
 BDS:北斗卫星导航系统(BeiDou navigation satellite system)  
 CVMC:真空可凝聚挥发物(collected volatile condensable material)  
 Galileo:伽利略卫星导航系统(Galileo navigation satellite system)  
 GLONASS:格洛纳斯卫星导航系统(GLObal navigation satellite system)  
 GNSS:全球卫星导航系统(global navigation satellite system)  
 GPS:全球定位系统(global positioning system)  
 RMS:均方根(root mean square)  
 TML:总的质量损失(total mass loss)  
 WGS-84:1984 世界大地坐标系(world geodetic system 1984)

## 4 要求

### 4.1 组成

低轨星载 GNSS 测量型接收机(以下简称接收机)应包括以下组成部分:

- a) 高精度测量型 GNSS 天线(以下简称天线);
- b) 接收机主机;
- c) 相对测量功能选配件;
- d) 配件(包含线缆、接插件保护插座等)。

### 4.2 结构和外观

接收机外观要求如下:

- a) 外形完好,结构无损伤,产品表面涂层应无划伤、裂缝、污染及脱落;
- b) 电连接器壳体和插针(孔)无缺损、变形、松动、锈蚀、色变现象,电连接器保护帽齐全;
- c) 接收机主机安装孔内壁及安装底面应无涂层处理;
- d) 天线安装孔内壁及安装面应无涂层处理。

### 4.3 标识

接收机标识要求如下:

- a) 文字符号及标志应清晰;
- b) 产品上应有产品代号、批次号;
- c) 产品安装脚标记的相对位置应符合专用技术文件的规定。

### 4.4 元器件和原材料

#### 4.4.1 元器件选用

接收机元器件选用要求如下:

- a) 选用元器件应满足空间环境使用要求;
- b) 选用元器件应符合专用技术文件的规定;
- c) 选用元器件的参数及其允许使用环境时,应考虑在任何情况下不超过其极限值或最大额定值,并应符合 QJ 1417—1988 的 I 级降额要求。

#### 4.4.2 原材料选用

接收机原材料选用要求如下:

- a) 选用原材料应满足空间环境使用要求；
- b) 若使用不同的金属材料,应根据专用技术文件要求进行防护处理；
- c) 若使用非金属材料,应控制 TML 小于 1%,CVCM 小于 1‰。

#### 4.5 机电热接口

##### 4.5.1 机械接口

接收机机械接口要求如下：

- a) 接收机几何尺寸、质量、结构设计应符合专用技术文件中机械接口要求；
- b) 接收机基频应避开航天器结构基频或符合专用技术文件的规定；
- c) 天线的安装法兰或支架一般与航天器舱壁相连。

##### 4.5.2 电接口

接收机电接口要求如下：

- a) GNSS 天线与 GNSS 主机射频接口通过同轴型 50  $\Omega$  的电连接器连接；
- b) 反纹波要求应根据专用技术文件需求进行设定；
- c) 接收机设备整机多点接卫星结构地,搭接阻值一般小于 10 m $\Omega$  或符合专用技术文件的规定；
- d) 接收机应具有 1553B 总线、CAN 总线、RS422 或 RS232 等一种或多种通用卫星通信接口；
- e) 接收机应支持外部电源接入,电源输入端应设计过流保护电路,电压范围满足专用技术文件规定；
- f) 抑制浪涌电流设计应满足专用技术文件规定。

##### 4.5.3 热接口

接收机热接口要求如下：

- a) 接收机主机表面(安装面除外)应进行表面处理,半球发射率不小于 0.85 或符合专用技术文件的规定；
- b) 天线表面(安装面除外)一般要求喷涂热控涂层,半球发射率不小于 0.85 或符合专用技术文件的规定；
- c) 安装面应全热接触。

#### 4.6 功能要求

##### 4.6.1 导航定位

接收机应提供实时的时间、位置、速度信息。

##### 4.6.2 相对测量

相对测量功能选配件应具备以下功能：

- a) 应能接收另一台接收机发送的原始观测量(伪距观测值、载波相位观测值)；
- b) 应能进行相对测量,输出相对测量的时间、位置信息。

##### 4.6.3 在轨升级维护

接收机应具备在轨升级维护功能,一般包含参数注入和软件更改注入。



#### 4.6.4 输出

接收机具备的输出功能如下：

- a) 输出数据应包含 BDCS 坐标系或 WGS-84 坐标系下的定位数据(时间、位置、速度等)；
- b) 应输出原始观测量；
- c) 可输出地心惯性坐标系的轨道根数；
- d) 应输出 1PPS 秒脉冲信号；
- e) 数据更新率应不低于 1 Hz；
- f) 相对测量功能选配件应输出相对测量的时间及位置信息。

#### 4.7 性能要求

##### 4.7.1 天线带宽

天线带宽应涵盖天线所接收信号的工作频段,各系统工作频段参见附录 A,其他频点的覆盖要求及各频点的具体带宽应符合专用技术文件要求。

##### 4.7.2 天线增益

以接收机天线轴向为  $0^\circ$ ,天线增益在  $\pm 70^\circ$  范围内应不小于  $-4.5$  dBi。

##### 4.7.3 天线极化方式

天线极化方式应为右旋圆极化。

##### 4.7.4 天线电压驻波比

在各接收频点范围内,天线电压驻波比应不大于 1.5。

##### 4.7.5 天线轴比

天线轴向轴比应不大于 1.5 dB,波束范围轴比应不大于 6 dB,或符合专用技术文件的要求。

##### 4.7.6 天线相位中心稳定度

天线相位中心稳定度一般应不大于 2 mm,或符合专用技术文件的规定。

##### 4.7.7 首次定位时间

在低轨动态测试场景下,接收机在概略位置、概略时间、星历和历书未知的状态下开机,到首次能够在其后 10 s 连续输出三维定位误差小于 100 m 的定位数据,所需时间一般不应超过 120 s。

##### 4.7.8 信号跟踪通道

接收机各频点的信号跟踪通道数应根据专用技术文件要求,单个频点信号跟踪通道一般应不低于 12 个。

##### 4.7.9 捕获灵敏度

接收机各频点信号捕获灵敏度应满足表 1 要求或专用技术文件的要求。

表 1 接收机信号捕获灵敏度

GNSS 系统	信号频点	捕获灵敏度 dBm
BDS	B1,B2,B3	$\leq -130$
GPS	L1	$\leq -130$
	L2	$\leq -129$
GLONASS	G1	$\leq -130$
	G2	$\leq -130$
Galileo	E1	$\leq -127$
	E5,E6	$\leq -125$



## 4.7.10 跟踪灵敏度

接收机各频点信号跟踪灵敏度应满足表 2 要求或专用技术文件的要求。

表 2 接收机信号跟踪灵敏度

GNSS 系统	信号频点	跟踪灵敏度 dBm
BDS	B1,B2,B3	$\leq -133$
GPS	L1	$\leq -133$
	L2	$\leq -132$
GLONASS	G1	$\leq -133$
	G2	$\leq -133$
Galileo	E1	$\leq -130$
	E5,E6	$\leq -128$

## 4.7.11 动态适应能力

在速度 7.8 km/s,加速度 4g 的运动条件下,接收机均应输出满足定位精度的定位结果。

## 4.7.12 原始观测量精度

## 4.7.12.1 伪距测量精度

所有通道(星号)伪距测量精度应优于 30 cm(RMS)。

## 4.7.12.2 载波相位测量精度

所有通道(星号)载波相位测量精度应优于 2 mm(RMS)。

## 4.7.13 定位精度

位置精度应优于 5 m(RMS),速度精度应优于 0.1 m/s(RMS)。

#### 4.7.14 相对测量精度

相对测量精度的要求如下：

- a) 伪距差分相对测量模式下,相对测量位置精度应优于 3 m(RMS);
- b) 载波相位差分相对测量模式下,相对测量位置精度应优于 10 cm(RMS)。

#### 4.7.15 1PPS 准确度

接收机正常定位后,1PPS 输出的高低脉冲可设置,脉宽可调,准确度应优于 100 ns(RMS)。

### 4.8 环境适应性要求

#### 4.8.1 温度

接收机工作温度范围应符合以下要求或专用技术文件要求：

- a) 接收机主机工作温度范围一般为 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 天线工作温度范围一般为 $-90\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

#### 4.8.2 力学

接收机在专用技术文件要求的力学试验后,应保持结构完好,能够正常工作。

#### 4.8.3 真空

接收机在气压小于 $6.65\times 10^{-3}\text{ Pa}$ 的真空环境中应正常工作。

#### 4.8.4 抗辐照

接收机应在轨道空间辐射环境下无性能下降。根据专用技术文件要求进行接收机抗辐照设计,抗辐照总剂量宜满足大于 100 Gy(Si)要求或符合专用技术文件规定。

#### 4.8.5 其他

接收机应符合专用技术文件规定的其他环境适应性要求。

### 4.9 可靠性

接收机可靠性要求如下：

- a) 应具有可靠性量化指标和验证分析;
- b) 设计时应采取抗单粒子锁定措施,并进行冗余设计;
- c) 应尽量避免设计中的单点失效,对技术上难消除的单点故障应通过设计降低其失效率;
- d) 接收机寿命应不低于卫星平台寿命,在寿命末期,接收机可靠性指标宜不低于 0.8。

### 4.10 安全性

接收机安全防护要求如下：

- a) 各接口应有明显标记和防插错措施;
- b) 应具有过流、过压、电流瞬间变化的保护装置。

### 4.11 电磁兼容性

接收机电磁兼容性应符合 QJ 2266 或专用技术文件的要求。

## 5 测试方法

### 5.1 测试环境条件

除另行规定外,所有测试应在以下条件下进行:

- a) 温度:16℃~28℃;
- b) 相对湿度:30%~70%;
- c) 气压:当地气压;
- d) 洁净度:100 000 级;
- e) 有防静电设施,防静电应满足 GB/T 32304 的要求。

### 5.2 测试设备

测试设备要求如下:

- a) 应经计量部门检定合格,并在有效期内使用;
- b) 具有自检功能的测试设备,在使用前应进行自检和标校;
- c) 应满足参数检验要求及精度范围要求;
- d) GNSS 信号模拟源应具备仿真低轨卫星动态场景的能力。

### 5.3 组成检查

通过目视或文、物核对检查。

### 5.4 结构和外观检查

通过目视或者放大镜检查。

### 5.5 标识检查

通过目视或文、物核对检查。

### 5.6 元器件和原材料检查

检查元器件和原材料选用设计文件是否符合 4.4 的要求,审查合格证是否在有效期内。

### 5.7 机电热接口检查

#### 5.7.1 机械接口检查

使用目视、游标卡尺及塞规进行检查。

#### 5.7.2 电接口检查

接收机进行以下电接口检查:

- a) 目视检查电气接口类型,使用万用表测量阻值;
- b) 试连接高频接插件,以检验其螺纹是否完好;
- c) 接收机在专用技术文件规定的电压范围内应能正常工作;
- d) 使用电流钳、示波器检查浪涌,浪涌应符合专用技术文件规定。

#### 5.7.3 热接口检查

查验接收机热控涂层检测报告、热试验报告。

5.8 功能测试

5.8.1 导航定位

导航定位功能测试方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.8.1 规定,测试结果应符合 4.6.1 要求。

5.8.2 相对测量

测试环境如图 1 所示,使用 GNSS 信号模拟源进行有线测试,设置低轨动态场景轨道(轨道根数可采用附录 B 的表 B.2 或根据专用技术文件要求设定),根据卫星发射功率、链路损耗、天线方向图等设置输出功率,考虑电离层延迟、对流层延迟,实际操作被测接收机 1 观察其是否可正确接收接收机 2 发送的原始观测量,完成相对测量,测试结果应符合 4.6.2 要求。

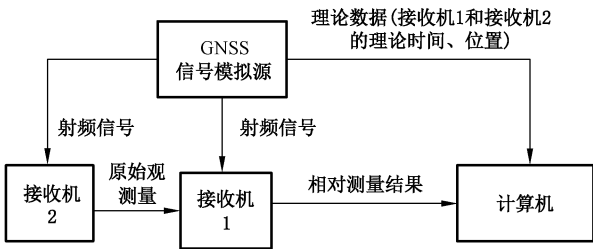


图 1 接收机相对测量功能测试连接示意图

5.8.3 在轨升级维护

通过计算机模拟星上接口并向接收机发送上行注入数据。发送数据过程中,参照上行注入数据(在轨升级数据包)的说明文件对比上行注入数据的执行过程的正确性以及上注后功能实现的正确性。

5.8.4 输出

通过实际操作检查,接收机输出应满足以下项目:

- a) 实际操作检查接收机能否把记录的定位数据、原始观测量等信息输出到外部设备,测试接收机输出数据是否包含 BDCS 或 WGS-84 坐标系下的定位数据(时间、位置、速度等)、地心惯性坐标系下的轨道根数及原始观测量;
- b) 实际操作检查接收机能否接收另一台接收机发送的原始观测量并完成相对测量,输出相对测量的时间及位置信息;
- c) 使用示波器检查接收机能否输出 1PPS 秒脉冲信号;
- d) 使用示波器检查接收机数据更新率是否不低于 1 Hz。

5.9 性能测试

5.9.1 天线带宽

使用矢量网络分析仪进行所需频段带宽测试,记录电压驻波比不大于 1.5 的频率范围,测试结果应符合 4.7.1 要求。

5.9.2 天线增益

天线增益测试场地、测试方法应符合 QJ 1729A—1996 的规定,测试结果应符合 4.7.2 要求。

### 5.9.3 天线极化方式

天线极化方式测试场地、测试方法应符合 QJ 1729A—1996 的规定,测试结果应符合 4.7.3 要求。

### 5.9.4 天线电压驻波比

天线电压驻波比测试场地、测试方法应符合 QJ 1729A—1996 的规定,测试结果应符合 4.7.4 要求。

### 5.9.5 天线轴比

天线轴比测试场地、测试方法应符合 QJ 1729A—1996 的规定,测试结果应符合 4.7.5 要求。

### 5.9.6 天线相位中心稳定性

根据 QJ 1729A—1996 的 5.2 规定确定出天线相位中心位置,并测试得到此时天线右旋电场分量远场相位方向图  $\phi(\theta_i, \varphi_j)$ 。按公式(1)计算天线的相位中心稳定度。

$$\xi = \sqrt{\frac{\sum_{i=1, j=1}^{mn} [\phi(\theta_i, \varphi_j) - C]^2}{mn}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$\xi$  ——天线的相位中心稳定度,单位为毫米(mm);

$i, j$  ——分别为  $\theta, \varphi$  的采集点数;

$\phi(\theta_i, \varphi_j)$  ——天线右旋电场分量远场相位方向图,单位为毫米(mm);

$\theta_i, \varphi_j$  ——天线波束方向角,单位为度(°);

$C$  ——拟合球面的相位值,单位为毫米(mm);

$m, n$  ——分别在  $\theta, \varphi$  的相位测试点数。

$\xi$  应符合 4.7.6 要求。

### 5.9.7 首次定位时间

首次定位时间测试方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.9.4 规定,测试结果应符合 4.7.7 要求。

### 5.9.8 信号跟踪通道

信号跟踪通道测试方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.9.5 规定,测试结果应符合 4.7.8 要求。

### 5.9.9 捕获灵敏度

捕获灵敏度测试方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.9.6 规定,测试结果应符合 4.7.9 要求。

### 5.9.10 跟踪灵敏度

跟踪灵敏度测试方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.9.7 规定,测试结果应符合 4.7.10 要求。

### 5.9.11 动态适应能力

动态适应能力测试方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.9.8 规定,测试结果应符合 4.7.11 要求。

5.9.12 原始观测精度

5.9.12.1 伪距测量精度

测试环境如图 2,使用 GNSS 信号模拟源进行有线测试,设置低轨动态场景轨道(轨道根数可采用表 B.1 或根据专用技术文件要求设定),根据卫星发射功率、链路损耗、天线方向图等设置输出功率,将电离层延迟、对流层延迟设置为 0。

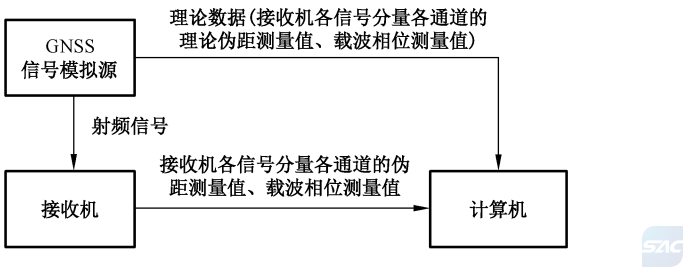


图 2 接收机原始观测精度测试连接示意图

接收机射频输入口连接 GNSS 信号模拟源信号输出口,通过计算机保存接收机原始观测量,处理 2 h 的原始观测量,对同一信号分量的不同接收通道的伪距测量值进行双差处理,消除各类系统误差及本地钟差,统计不同信号分量的伪距测量精度,按公式(2)计算伪距测量精度。

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \Delta \rho_{ij}(k) = \Delta \rho_{ij}(k) - \Delta \rho_i(k) \\ \sigma(k) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \nabla \Delta \rho_{ij}^2(k)}{n}} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\nabla \Delta \rho_{ij}(k)$ ——第  $k$  个信号分量的第  $i$  个观测历元第  $j$  颗卫星相对任意基准星的伪距测量值双差结果，单位为厘米(cm)；

$i$ ——卫星观测数据历元序号；

$j$ ——可见卫星序号；

$k$ ——信号分量编号；

$\Delta \rho_{ij}(k)$ ——第  $k$  个信号分量的第  $i$  个观测历元第  $j$  颗卫星相对理论伪距测量值的差值，单位为厘米(cm)；

$\Delta \rho_i(k)$ ——第  $k$  个信号分量的第  $i$  个观测历元基准星相对理论伪距测量值的差值，单位为厘米(cm)；

$\sigma(k)$ ——第  $k$  个信号分量的伪距测量精度，单位为厘米(cm)；

$n$ ——双差测量值总数。

$\sigma(k)$ 应符合 4.7.12.1 要求。

5.9.12.2 载波相位测量精度

测试环境如图 2,使用 GNSS 信号模拟源进行有线测试,设置低轨动态场景轨道(轨道根数可采用表 B.1 或根据专用技术文件要求设定),根据卫星发射功率、链路损耗、天线方向图等设置输出功率,将电离层延迟、对流层延迟设置为 0。

接收机射频输入口连接 GNSS 信号模拟源信号输出口,通过计算机保存接收机原始观测量,处理 2 h 的原始观测量,对同一信号分量的不同接收通道的载波相位测量值进行三差处理,消除各类系统误差、本地钟差及整周模糊度,统计不同信号分量的载波相位测量精度,按公式(3)计算载波相位测量精度。

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \Delta \varphi_{(i+1)j}(k) = \Delta \varphi_{(i+1)j}(k) - \Delta \varphi_{ij}(k) \\ \nabla \Delta \varphi_{ij}(k) = \Delta \varphi_{ij}(k) - \Delta \varphi_i(k) \\ \Delta \nabla \Delta \varphi_{ij}(k) = \nabla \Delta \varphi_{(i+1)j}(k) - \nabla \Delta \varphi_{ij}(k) \\ \sigma(k) = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta \nabla \Delta \varphi_{ij}^2(k)}{n}} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$\nabla \Delta \varphi_{(i+1)j}(k), \nabla \Delta \varphi_{ij}(k)$  ——分别为第  $k$  个信号分量的第  $i+1$  个观测历元、第  $i$  个观测历元第  $j$  颗卫星相对任意基准星的载波相位测量值双差结果,单位为毫米(mm);

$i$  ——卫星观测数据历元序号;

$j$  ——可见卫星序号;

$k$  ——信号分量编号;

$\Delta \varphi_{(i+1)j}(k), \Delta \varphi_{ij}(k)$  ——分别为第  $k$  个信号分量的第  $i+1$  个观测历元、第  $i$  个观测历元第  $j$  颗卫星相对理论载波相位测量值的差值,单位为毫米(mm);

$\Delta \nabla \Delta \varphi_{ij}(k)$  ——第  $i+1$  个观测历元的第  $j$  颗卫星相对任意基准星的载波相位测量值双差与第  $i$  个观测历元的第  $j$  颗卫星相对任意基准星的载波相位测量值双差之差,单位为毫米(mm);

$n$  ——三差测量值总数;

$\sigma(k)$  ——第  $k$  个信号分量的载波相位测量精度,单位为毫米(mm)。

$\sigma(k)$  应符合 4.7.12.2 要求。

### 5.9.13 定位精度

定位精度测试方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.9.10 规定,测试结果应符合 4.7.13 要求。

### 5.9.14 相对测量精度

测试环境如图 1,使用 GNSS 信号模拟源进行有线测试,设置低轨动态场景轨道(轨道根数可采用表 B.2 或根据专用技术文件要求设定),根据卫星发射功率、链路损耗、天线方向图等设置输出功率,考虑电离层延迟、对流层延迟。测试样本数应大于低轨一个任务周期,坐标系应统一在 BDCS 坐标系下。

接收机射频输入口连接 GNSS 信号模拟源信号输出口,通过计算机保存接收机相对测量数据。按公式(4)计算相对测量位置精度。

$$D_P = \sqrt{D^2(\Delta x) + D^2(\Delta y) + D^2(\Delta z)} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$D_P$  ——为接收机输出的相对测量精度,单位为米(m);

$D(\Delta x), D(\Delta y), D(\Delta z)$  ——分别为接收机输出 BDCS 坐标下  $x$  轴、 $y$  轴、 $z$  轴相对测量位置与根据模拟源输出计算的理论相对位置差值的均方根,单位为米(m);

$D(\Delta x), D(\Delta y), D(\Delta z)$  按公式(5)计算。

$$\left\{ \begin{array}{l} D(\Delta x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n}} \\ D(\Delta y) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta y_i)^2}{n}} \\ D(\Delta z) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta z_i)^2}{n}} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (5)$$



式中：

- $n$  ——为采样点个数；
  - $i$  ——接收机定位数据采样点序号；
  - $\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i$  ——分别为接收机输出 BDCS 坐标下的第  $i$  个采样点  $x$  轴、 $y$  轴、 $z$  轴相对位置与根据模拟源输出计算的理论相对位置差值，单位为米(m)。
- $D_p$  应符合 4.7.14 要求。

5.9.15 1PPS 准确度

1PPS 准确度测试方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.9.11 规定，测试结果应符合 4.7.15 要求。

5.10 环境适应性测试

5.10.1 温度

温度测试方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.10.1 规定，测试结果应满足 4.8.1 要求。

5.10.2 力学

力学测试方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.10.2 规定，测试结果应满足 4.8.2 要求。

5.10.3 真空

真空测试方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.10.3 规定，测试结果应满足 4.8.3 要求。

5.10.4 抗辐照

抗辐照检查方法应符合 GB/T 39268—2020 的 5.10.4 规定，检查结果应满足 4.8.4 要求。

5.11 可靠性检查

可靠性检查应符合 GB/T 39268—2020 的 5.11 规定，检查结果应满足 4.9 要求。

5.12 安全性检查

按照产品使用说明检查各接口端是否有明显标记和防插错措施，接口是否具有防静电功能，检查结果应满足 4.10 要求。

5.13 电磁兼容性测试

电磁兼容性测试按 QJ 20073 或专用技术文件的规定执行，测试结果应满足 4.11 要求。

6 检验规则

6.1 检验分类

检验包括：鉴定检验、交收检验。

6.2 鉴定检验

鉴定检验要求如下：

- a) 应选用与接收机正样产品采用同样的图样、材料、加工工具和制造过程的鉴定试验产品进行；

- b) 新研制的产品或设计图样、材料、加工工艺、元器件和装配过程发生变化需要重新生产的产品应进行鉴定检验。产品停产后、转厂后应重新进行鉴定检验；
- c) 鉴定检验的项目、要求和方法见表 3；
- d) 所有鉴定检验的项目均符合要求，即判为合格。

### 6.3 交收检验

交收检验要求如下：

- a) 所有交付的产品均应进行交收检验；
- b) 按规定项目和顺序检验后，应记录检验结果，可用表格方式；
- c) 交收检验的项目、要求和方法见表 3；
- d) 所有交收检验的项目均符合要求，即判为合格。如有一项技术指标未达到要求，则判为不合格。

### 6.4 检验项目及顺序

检验项目及顺序见表 3，检验顺序见表 3 中序号。根据具体情况，鉴定检验、交收检验使用方和生产方可协商裁减检验项目或改变检验顺序。

表 3 检验项目及顺序

序号	检验项目		鉴定检验	交收检验	要求的章节号	测试方法的章节号
1	组成		●	●	4.1	5.3
2	结构和外观		●	●	4.2	5.4
3	标识		●	●	4.3	5.5
4	元器件和原材料		●	●	4.4	5.6
5	机电热接口	机械接口	●	●	4.5.1	5.7.1
6		电接口	●	●	4.5.2	5.7.2
7		热接口	●	●	4.5.3	5.7.3
8	功能	导航定位	●	●	4.6.1	5.8.1
9		相对测量	●	●	4.6.2	5.8.2
10		在轨升级维护	●	○	4.6.3	5.8.3
11		输出	●	●	4.6.4	5.8.4
12	性能	天线带宽	●	●	4.7.1	5.9.1
13		天线增益	●	●	4.7.2	5.9.2
14		天线极化方式	●	●	4.7.3	5.9.3
15		天线电压驻波比	●	●	4.7.4	5.9.4
16		天线轴比	●	●	4.7.5	5.9.5
17		天线相位中心稳定性	●	●	4.7.6	5.9.6
18		首次定位时间	●	●	4.7.7	5.9.7
19		信号跟踪通道	●	●	4.7.8	5.9.8
20		捕获灵敏度	●	●	4.7.9	5.9.9

表 3（续）

序号	检验项目		鉴定检验	交收检验	要求的章节号	测试方法的章节号
21		跟踪灵敏度	●	●	4.7.10	5.9.10
22		动态适应能力	●	●	4.7.11	5.9.11
23		伪距测量精度	●	●	4.7.12.1	5.9.12.1
24		载波相位测量精度	●	●	4.7.12.2	5.9.12.2
25		定位精度	●	●	4.7.13	5.9.13
26		相对测量精度	●	●	4.7.14	5.9.14
27		1PPS 准确度	●	●	4.7.15	5.9.15
28	环境适应性 测试	温度	●	●	4.8.1	5.10.1
29		力学	●	●	4.8.2	5.10.2
30		真空	●	●	4.8.3	5.10.3
31		抗辐照	●	○	4.8.4	5.10.4
32	可靠性		●	○	4.9	5.11
33	安全性		●	○	4.10	5.12
34	电磁兼容性		●	○	4.11	5.13
注：表中“●”为必检项目，“○”为可检项目。						

6.5 判定规则

6.5.1 合格判据

表 3 规定的所有检验项目均符合要求,判定为合格。若有一项指标不合格,应查明故障原因并修复,允许有一次对不合格项进行重检,重检后仍未通过的,并确认属于该产品自身质量方面的原因,则判定该产品不合格。

6.5.2 重检规则

不合格产品,按下述规则处理:

- a) 在环境试验之前,对不合格产品,承制方应查明故障原因并修复,并应写出书面报告,修复后应重测重检,允许第二次交付验收;
- b) 在环境试验中发生时,应根据环境试验技术要求而定,只对允许修复和重做的试验项目进行重测重检,并写出书面报告。

7 标志、包装、运输及贮存

7.1 标志

在产品上应有产品代号及名称标志,产品包装标志包括但不限于以下内容:

- a) 产品代号;
- b) 产品名称;
- c) 研制单位。

## 7.2 包装

产品包装应符合 QJ 2438 的规定。产品及文件资料应装在包装箱内,包装箱要求如下:

- a) 产品内包装要求减振、防潮、防尘、防腐、防污染、防静电;
- b) 产品外包装要求采用铝合金材料,应带安全锁扣,携带方便、安全;
- c) 产品包装箱要求有清晰安全性标识,如减振、防静电等;
- d) 箱内文件资料齐全,包含产品证明书、产品履历书;
- e) 包装箱加铅封。

## 7.3 运输和贮存

产品运输和贮存要求如下:

- a) 产品运输时装在包装箱内,应严格检查和落实安全性措施,运输过程需指定专人负责;
- b) 运输过程中轻拿轻放,严禁碰撞和雨淋,不允许与酸、碱等腐蚀性物品一起运输;
- c) 一般贮存在室内,环境温度为  $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度不大于 70%,无酸、碱和其他腐蚀性气体场所;
- d) 不允许存放在靠近铁磁性物质的环境中。

## 8 使用说明

### 8.1 使用说明(书)的编写

应符合 GB/T 9969 的规定并提供下列有关信息:

- 产品型号及组成;
- 产品功能及操作;
- 运输;
- 故障判断及处理;
- 安全注意事项;
- 其他。

### 8.2 使用说明的验证方法

按 GB/T 9969 的规定进行。

附 录 A  
(资料性附录)  
GNSS 信号频点及带宽

GNSS 信号频点及带宽见表 A.1。

表 A.1 GNSS 信号频点及带宽

GNSS 系统	信号频点		中心频率 MHz	信号带宽 MHz
BDS	B1		1 561.098(B1I)/1 575.42(B1C)	4.092(B1I)/32.736(B1C)
	B2		1 176.45(B2A)	20.46
	B3		1 268.52	20.46
GPS	L1		1 575.42	2.046(L1 CA)/20.46(L1 P)
	L2		1 227.60	20.46(L2 P)
GLONASS	G1		$1\,602 + 0.562\,5 \times k \quad k = (-7 \sim 6)$	8.334 5
	G2		$1\,246 + 0.437\,5 \times k \quad k = (-7 \sim 6)$	6.709 5
Galileo	E1		1 575.42	24.552
	E5	E5a	1 176.45	20.46
		E5b	1 207.14	20.46
	E6		1 278.75	40.92



附 录 B  
(资料性附录)  
低轨典型轨道根数

低轨典型轨道根数见表 B.1～表 B.2。表 B.1 为测试接收机功能和性能的一般性测试轨道根数，表 B.2 为测试接收机相对测量功能和精度的专用测试轨道根数。

表 B.1 功能、性能测试轨道根数

轨道根数参数名称	参数值
轨道半长轴/km	7 468.14
轨道偏心率	0.032 717 6
轨道倾角/(°)	63.395 0
升交点赤经/(°)	51.598 7
近地点幅角/(°)	7.072 7
平近点角/(°)	353.475 0

表 B.2 相对测量专项测试轨道根数

接收机 1 轨道根数		接收机 2 轨道根数	
轨道根数参数名称	参数值	轨道根数参数名称	参数值
轨道半长轴/km	7 468.14	轨道半长轴/km	7 468.14
轨道偏心率	0.032 717 6	轨道偏心率	0.032 717 6
轨道倾角/(°)	63.395 0	轨道倾角/(°)	63.395 0
升交点赤经/(°)	51.598 7	升交点赤经/(°)	51.598 7
近地点幅角/(°)	7.072 7	近地点幅角/(°)	7.072 7
平近点角/(°)	353.475 0	平近点角/(°)	354.241
注：接收机 1 和接收机 2 位置距离在 95 km～103 km 范围内变化。			