



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 39268—2020

---

## 低轨星载 GNSS 导航型接收机通用规范

General specification for GNSS navigation 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  
国家标准化管理委员会 发布

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 ..... 6

    4.9 可靠性 ..... 6

    4.10 安全性 ..... 7

    4.11 电磁兼容性 ..... 7

5 测试方法 ..... 7

    5.1 测试环境条件 ..... 7

    5.2 测试设备 ..... 7

    5.3 组成检查 ..... 7

    5.4 结构和外观检查 ..... 7

    5.5 标识检查 ..... 7

    5.6 元器件和原材料检查 ..... 7

    5.7 机电热接口检查 ..... 7

    5.8 功能测试 ..... 8

    5.9 性能测试 ..... 9

    5.10 环境适应性测试 ..... 12

    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 ..... 13



6.4 检验项目及顺序 ..... 13

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 ..... 15

7.3 运输和贮存 ..... 15

8 使用说明..... 15

8.1 使用说明(书)的编写 ..... 15

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) 低轨动态典型测试场景设置方法 ..... 18

附录 C (资料性附录) 环境适应性典型试验条件 ..... 19



## 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:董启甲、赵鸿娟、刘迎娜、赵文亮、刘宪阳、王盾、刘莹、姜坤、黄晓瑞、李常亮、陈强、崔小准、袁媛、窦骄、王维嘉。

# 低轨星载 GNSS 导航型接收机通用规范

## 1 范围

本标准规定了低轨星载全球卫星导航系统(GNSS)导航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 导航型接收机的研制、生产、测试、使用和检验。其他用于低轨航天器的 GNSS 导航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
- QJ 1417—1988 元器件可靠性降额准则
- QJ 1729 航天天线测试方法
- QJ 1947 天线术语
- QJ 2172—1991 卫星可靠性设计指南
- 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 2630.1 航天器组件空间环境试验方法 第 1 部分:热真空试验
- QJ 2630.2 卫星组件空间环境试验方法 热平衡试验
- QJ 2630.3 航天器组件空间环境试验方法 第 3 部分:真空放电试验
- QJ 20073 卫星电磁兼容性试验要求及方法
- QJ 20422.6 航天器组件环境试验方法 第 6 部分:加速度试验
- QJ 20422.7 航天器组件环境试验方法 第 7 部分:振动试验
- QJ 20422.9 航天器组件环境试验方法 第 9 部分:冲击试验

## 3 术语和定义、缩略语

### 3.1 术语和定义

GB/T 39267 和 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

#### 轴比 axial ratio

椭圆极化波的长轴与短轴之比。

### 3.1.4

#### 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、检验和校准。

注: 通常用于接收机的测试、检测和校准。一般包括数据仿真和射频信号仿真。

### 3.1.5

#### 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。

### 3.1.6

#### 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。

### 3.1.7

#### 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。

### 3.1.8

#### 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。

### 3.1.9

#### 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。

### 3.1.10

#### 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。

### 3.1.11

#### 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。

## 3.2 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)

CVCM: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)

PDOP:位置精度因子(position dilution of precision)

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 导航型接收机(以下简称接收机)应包括下列组成部分:

- a) GNSS 天线,包含天线本体、天线罩(可选)、天线支架(可选);
- b) 接收机设备整机或接收机板卡(以下简称 GNSS 主机);
- c) 配件(包含线缆、接插件保护插座等)。

### 4.2 结构和外观

接收机结构和外观要求如下:

- a) GNSS 天线表面状态一般要求喷涂热控涂层或符合专用技术文件的规定;
- b) 天线安装孔内壁无热控涂层处理痕迹,安装面不应有热控涂层;
- c) GNSS 主机应具备足够的刚度和机械强度;
- d) 板卡应进行防潮、防霉、防盐雾处理;
- e) 各部件外表面应无凹痕、划伤、裂缝、变形等缺陷;
- f) 涂(镀)层不应起泡、龟裂或脱落;
- g) 金属零件不应有锈蚀和其他机械损伤;
- h) 紧固件无松动现象。

### 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。

### 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%,CVCMM 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) 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;
- b) 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;
- c) 安装面应全热接触(接收机板卡除外)。

### 4.5.4 其他接口

接收机其他接口应符合相应专用技术文件的要求。

## 4.6 功能要求

### 4.6.1 导航定位

接收机应提供 BDCS 坐标系或 WGS-84 坐标系下的实时位置、速度、时间。

### 4.6.2 授时

接收机应提供秒脉冲,输出高低脉冲可设置,脉宽可调,并给出对应秒脉冲的时间值。

### 4.6.3 多星座兼容

接收机应具有一个或多个导航定位系统(如 GPS、Galileo、GLONASS、BDS)的定位功能。

### 4.6.4 容错与恢复

接收机应具备自主故障检测、屏蔽和恢复功能,一般包括:



- a) 应具备自主故障检测功能；
- b) 应具备对单粒子效应的防护及故障修复功能；
- c) 应对关键数据进行三备份存储和比对后使用；
- d) 应对程序固化存储区进行加固处理和加载过程容错。

#### 4.6.5 状态输出

接收机应具备工作状态的输出功能,一般包括:

- a) 接收机电源电压；
- b) 接收机连续工作时间；
- c) 定位状态(包含 PDOP、定位有效标记等)；
- d) 可用星数；
- e) 故障状态。

#### 4.6.6 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。

### 4.7 性能要求

#### 4.7.1 天线带宽

GNSS 天线的工作频率一般应覆盖 GPS L1、BDS B1 及 GLONASS G1 频点,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 GNSS 天线轴向为  $0^\circ$ ,天线增益一般要求如下:

- a)  $\pm 45^\circ$  范围内不小于  $-1.0$  dBi；
- b)  $\pm 75^\circ$  范围内不小于  $-3.0$  dBi；
- c)  $\pm 85^\circ$  范围内不小于  $-4.0$  dBi。

#### 4.7.3 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。

#### 4.7.4 首次定位时间

在低轨动态场景下,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,所需时间应不超过  $120$  s。

#### 4.7.5 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。

#### 4.7.6 捕获灵敏度

接收机捕获灵敏度应优于  $-130$  dBm。

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,各颗卫星的单通道导航信号载波电平不高于  $-130$  dBm 时,应能在  $300$  s 内以  $1$  Hz 更新率连续  $10$  次输出三维定位误差小于  $100$  m 的定

位数据。

#### 4.7.7 跟踪灵敏度

接收机跟踪灵敏度应优于 $-133$  dBm。

接收机正常定位后,在各颗卫星的单通道导航信号载波电平降低到 $-133$  dBm 的情况下,应能在 $300$  s 以内以 $1$  Hz 更新率连续输出 $10$  次三维定位误差小于 $100$  m 的定位数据。

#### 4.7.8 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。

#### 4.7.9 定位结果更新率

定位结果更新率应不低于 $1$  Hz。

#### 4.7.10 定位精度

位置精度应优于 $10$  m(RMS),速度精度应优于 $0.2$  m/s(RMS)。

#### 4.7.11 1PPS 准确度

接收机正常定位后,1PPS 输出的准确度应优于 $100$  ns(RMS)。

### 4.8 环境适应性要求

#### 4.8.1 温度

工作温度范围应符合以下要求或专用技术文件要求:

- a) GNSS 主机工作温度范围一般为 $-15$  °C $\sim$  $50$  °C;
- b) GNSS 天线工作温度范围一般为 $-90$  °C $\sim$  $90$  °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 $6.65\times 10^{-3}$  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

接收机的安全防护要求如下:

- a) 各接口应有明显标记和防插错措施;
- b) 接收机设备应具有过流、过压、电源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

使用目视、游标卡尺及塞规进行检查。



### 5.7.2 电接口

接收机进行电接口检查：

- 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

查验接收机热控涂层检测报告、热试验报告。

### 5.7.4 其他接口

按照专用技术文件要求检查其他接口,应符合 4.5.4 中要求。

## 5.8 功能测试

### 5.8.1 导航定位

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(轨道根数采用附录 B 的表 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,考虑电离层延迟、对流层延迟,实际操作被测设备观察其在各个单频点以及联合频点下能否输出正确位置、速度、时间信息。

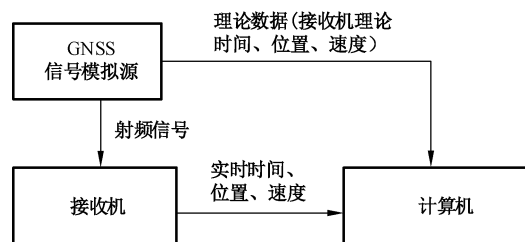


图 1 接收机导航定位功能测试连接示意图

### 5.8.2 授时

使用 GNSS 信号模拟源进行测试,设置低轨动态场景轨道(轨道根数采用附录 B 的表 B.1 或根据专用技术文件要求设定),待接收机在规定时间内正常定位后,使用示波器检查接收机是否能够按照设定方式输出秒脉冲。

### 5.8.3 多星座兼容

设定接收机处于指定单星座定位或多星座兼容定位的导航工作模式,接入真实卫星信号或 GNSS 信号模拟源信号,检查其定位功能是否正常。

### 5.8.4 容错与恢复

使用 GNSS 信号模拟源进行有线测试,设置故障场景(故障设置方法采用附录 B 的表 B.2 或根据专用技术文件要求设定),设定信号仿真器环境,检查接收机是否能够正常定位,检验其定位精度是否符合要求。

检查产品设计报告或软件设计报告,检查单粒子应对措施设计情况、关键数据的容错设计情况和加载容错设计情况。

检查结果应满足 4.6.4 要求。

#### 5.8.5 状态输出

检查接收机状态输出信息与接收机工作状态是否一致。

#### 5.8.6 在轨升级维护

通过计算机模拟星上接口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,比对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。

### 5.9 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 1729 的规定,测试结果应符合 4.7.2 要求。

#### 5.9.3 天线轴比

天线轴比测试场地、测试方法应符合 QJ 1729 的规定,测试结果应符合 4.7.3 要求。

#### 5.9.4 首次定位时间

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,考虑电离层延迟、对流层延迟,接收机在星历、历书、时间和位置未知的状态下开机,以 1 Hz 的位置更新率连续记录输出的定位数据,找出首次连续 10 次输出三维定位误差不超过 100 m 的定位数据的时刻,计算从开机到上述 10 个输出时刻中第 1 个时刻的时间间隔,应符合 4.7.4 要求。

#### 5.9.5 信号跟踪通道

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(轨道根数采用表 B.1 或根据专用技术文件要求设定),通过显示设备查看接收机接收到的卫星信号的通道数,观察并记录接收机的通道数以及跟踪卫星个数,应符合 4.7.5 要求。

#### 5.9.6 捕获灵敏度

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(轨道根数采用表 B.1 或根据专用技术文件要求设定)。每次设置模拟源输出的各颗卫星的每一通道信号电平从接收机不能捕获信号的状态开始,以 1 dB 步进增加,若专用技术文件声明了捕获灵敏度量值,且优于 4.7.6 要求的量值,可从其声明的捕获灵敏度量值低 2 dB 的电平值开始。

在模拟源输出信号的每个电平值下,接收机在星历、历书、时间和位置未知的状态下开机,若能够在 300 s 内捕获信号,并以 1 Hz 的更新率连续 10 次输出三维定位误差小于 100 m 的定位数据,记录该电平值,应符合 4.7.6 要求。

### 5.9.7 跟踪灵敏度

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(轨道根数采用表 B.1 或根据专用技术文件要求设定)。在接收机正常定位的情况下,设置模拟源输出的各颗卫星通道信号电平以 1 dB 步进降低。

在模拟源输出信号的每个电平值下,测试接收机能否在 300 s 连续 10 次输出三维定位误差小于 100 m 的定位数据,找出能够使接收机满足定位要求的最低电平值,记录该电平值,应符合 4.7.7 要求。

### 5.9.8 动态适应能力

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(动态设置方法采用表 B.3 或根据专用技术文件要求设定)。

被测接收机接收射频仿真信号,确认接收机是否可以连续定位并输出满足定位精度的定位结果。

### 5.9.9 定位结果更新率

接收机正常工作,通过测试接收和存储设备保存定位结果,检查规定时间长度内的数据个数  $N$ ,按公式(1)计算定位结果更新率,应符合 4.7.9 要求。

$$R_{\text{update}} = \frac{N}{T} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$R_{\text{update}}$  ——定位结果更新率,单位为赫兹(Hz);

$N$  ——规定时间长度内的数据个数;

$T$  ——规定时间长度,单位为秒(s)。

### 5.9.10 定位精度

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,考虑电离层延迟、对流层延迟。测试样本数应大于低轨一个轨道周期,坐标系应统一在 BDCS 坐标系下。具体测试方法如下:

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定位数据。按公式(2)计算定位精度。

$$\left\{ \begin{array}{l} D_p = \sqrt{D^2(\Delta x) + D^2(\Delta y) + D^2(\Delta z)} \\ D_v = \sqrt{D^2(\Delta vx) + D^2(\Delta vy) + D^2(\Delta vz)} \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$D_p, D_v$  ——分别为接收机输出的位置精度、速度精度,单位为米(m)或米每秒(m/s);

$D(\Delta x), D(\Delta y), D(\Delta z)$  ——分别为接收机输出 BDCS 坐标下  $x$  轴、 $y$  轴、 $z$  轴位置与模拟源输出理论位置差值的均方根,单位为米(m);

$D(\Delta vx), D(\Delta vy), D(\Delta vz)$  ——分别为接收机输出 BDCS 坐标下  $x$  轴、 $y$  轴、 $z$  轴速度与模拟源输出理论速度差值的均方根,单位为米每秒(m/s)。

$D(\Delta x), D(\Delta y), D(\Delta z)$  按公式(3)计算。

$$\left\{ \begin{array}{l} D(\Delta x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n}} \\ D(\Delta y) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta y_i)^2}{n}} \\ D(\Delta z) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta z_i)^2}{n}} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

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、 $z$  轴位置与模拟源输出  $x$  轴、 $y$  轴、 $z$  轴理论位置的差值，单位为米(m)。  
 $D(\Delta vx), D(\Delta vy), D(\Delta vz)$  按公式(4)计算。

$$\left\{ \begin{array}{l} D(\Delta vx) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta vx_i)^2}{n}} \\ D(\Delta vy) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta vy_i)^2}{n}} \\ D(\Delta vz) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta vz_i)^2}{n}} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

式中：  
 $n$  ——为采样点个数；  
 $i$  ——接收机定位数据采样点序号；  
 $\Delta vx_i, \Delta vy_i, \Delta vz_i$  ——分别为接收机输出 BDCS 坐标下的第  $i$  个采样点  $x$  轴、 $y$  轴、 $z$  轴速度与模拟源输出  $x$  轴、 $y$  轴、 $z$  轴理论速度的差值，单位为米每秒(m/s)。  
 $D_p, D_v$  应符合 4.7.10 要求。

5.9.11 1PPS 准确度

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,考虑电离层延迟、对流层延迟。待接收机在规定时间内正常定位解算后,使用时间间隔计数器测试接收机与 GNSS 信号模拟源输出的 1PPS 的差值,记录长度宜大于一个轨道周期长度,按公式(5)计算 1PPS 准确度  $D_T$ ,应符合 4.7.11 要求。

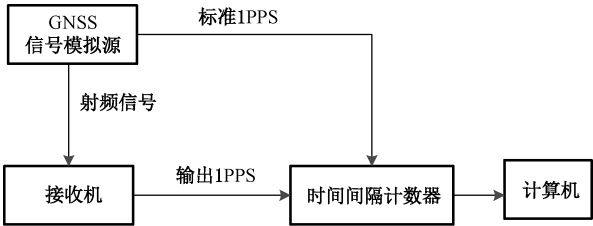


图 2 接收机 1PPS 准确度测试连接示意图

$$D_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta T_i^2}{n}} \dots\dots\dots (5)$$



式中：

$D_T$  ——1PPS 准确度,单位为纳秒(ns)；

$n$  ——测量值个数；

$i$  ——测量历元序号；

$\Delta T_i$  ——时间间隔计数器采集的第  $i$  个测量历元接收机与 GNSS 信号模拟源 1PPS 的差值,单位为纳秒(ns)。

## 5.10 环境适应性测试

### 5.10.1 温度

接收机按照 QJ 2630.2 进行热平衡试验,接收机单板一般不单独开展此试验,试验条件可采用附录 C 中表 C.2 或根据专用技术文件要求设定。

接收机热循环试验条件可采用表 C.1 或根据专用技术文件要求设定。接收机热循环试验测试方法根据专用技术文件要求设定,试验方法一般如下：

- a) 在第一个和最后一个循环中,热循环试验要求如下：
  - 1) 接收机装进试验箱,按照专用测试要求连接试验设备,接收机加电,检查工作状态是否正常,设备不断电。
  - 2) 从室温(正常环境温度)开始,接收机温度按变温速率要求升温,并检查其工作状态是否正常。
  - 3) 温度达到试验高温的温度值后,开始温度保持,满足规定的温度保持时间后(一般为 1 h),进行 3 次遥控开关机(或加断电),每次断电时间不小于 30 min。三次开关机结束后,产品通电继续工作。
  - 4) 连续工作时间满足试验要求后,至最后一个循环,接收机不断电,按规定的变温速率降温。当温度达到低温温度要求值时,产品断电,开始温度保持,满足规定的温度保持时间后(一般为 1 h),产品进行三次遥控开关机(或加断电),每次断电时间不小于 30 min。三次开关机结束后,产通电连续工作。
  - 5) 低温工况结束后,接收机不断电,按变温速率开始升温至室温,至此完成了最后一个循环。
- b) 在中间循环中,接收机连续通电工作,记录测试数据,判定接收机功能和性能指标是否满足要求,一般在变温过程中不考核接收机性能指标。

测试结果应满足 4.8.1 要求。

### 5.10.2 力学

接收机按照 QJ 20422.9、QJ 20422.6、QJ 20422.7 分别开展冲击试验、加速度试验、正弦振动试验、随机振动试验,接收机单板一般不单独开展此试验,试验条件可采用表 C.3~表 C.6 或根据专用技术文件要求设定。

测试结果应满足 4.8.2 要求。

### 5.10.3 真空

接收机按照 QJ 2630.1 开展热真空试验,接收机单板一般不单独开展此试验,试验条件可采用表 C.7 或根据专用技术文件要求设定。

接收机按照 QJ 2630.3 进行低气压放电试验,试验条件可采用表 C.8 或根据专用技术文件要求设定。

测试结果应满足 4.8.3 要求。



#### 5.10.4 抗辐照

接收机按照 QJ 2172—1991 的 20.3 开展抗辐照设计,检查接收机抗辐设计报告,检查结果应满足 4.8.4 的要求。

#### 5.11 可靠性检查

接收机按照 QJ 2172—1991 开展可靠性设计,检查接收机可靠性设计报告,检查结果应满足 4.9 的要求。

#### 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 的要求。

#### 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 的要求。



### 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 1。
- 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 1。
- 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,则判为不合格品。

#### 6.4 检验项目及顺序

检验项目及顺序见表 1,检验顺序见表 1 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 1 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                      |         | 其他接口     | ●    | ●    | 4.5.4  | 5.7.4    |
| 9                      | 功能      | 导航定位     | ●    | ●    | 4.6.1  | 5.8.1    |
| 10                     |         | 授时       | ●    | ●    | 4.6.2  | 5.8.2    |
| 11                     |         | 多星座兼容    | ●    | ○    | 4.6.3  | 5.8.3    |
| 12                     |         | 容错与恢复    | ●    | ○    | 4.6.4  | 5.8.4    |
| 13                     |         | 状态输出     | ●    | ○    | 4.6.5  | 5.8.5    |
| 14                     |         | 在轨升级维护   | ●    | ○    | 4.6.6  | 5.8.6    |
| 15                     | 性能      | 天线带宽     | ●    | ●    | 4.7.1  | 5.9.1    |
| 16                     |         | 天线增益     | ●    | ●    | 4.7.2  | 5.9.2    |
| 17                     |         | 天线轴比     | ●    | ●    | 4.7.3  | 5.9.3    |
| 18                     |         | 首次定位时间   | ●    | ●    | 4.7.4  | 5.9.4    |
| 19                     |         | 信号跟踪通道   | ●    | ●    | 4.7.5  | 5.9.5    |
| 20                     |         | 捕获灵敏度    | ●    | ●    | 4.7.6  | 5.9.6    |
| 21                     |         | 跟踪灵敏度    | ●    | ●    | 4.7.7  | 5.9.7    |
| 22                     |         | 动态适应能力   | ●    | ●    | 4.7.8  | 5.9.8    |
| 23                     |         | 定位结果更新率  | ●    | ●    | 4.7.9  | 5.9.9    |
| 24                     |         | 定位精度     | ●    | ●    | 4.7.10 | 5.9.10   |
| 25                     |         | 1PPS 准确度 | ●    | ●    | 4.7.11 | 5.9.11   |
| 26                     | 环境适应性   | 温度       | ●    | ●    | 4.8.1  | 5.10.1   |
| 27                     |         | 力学       | ●    | ●    | 4.8.2  | 5.10.2   |
| 28                     |         | 真空       | ●    | ●    | 4.8.3  | 5.10.3   |
| 29                     |         | 抗辐照      | ●    | ○    | 4.8.4  | 5.10.4   |
| 30                     | 可靠性     |          | ●    | ○    | 4.9    | 5.11     |
| 31                     | 安全性     |          | ●    | ○    | 4.10   | 5.12     |
| 32                     | 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 1 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℃~35℃,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<br>MHz  | 信号带宽<br>MHz            |
|---------|------|--|------------------------|
| BDS     | B1   | 1 561.098(B1I)/1 575.42 (B1C)                      | 4.092(B1I)/32.736(B1C) |
| GPS     | L1   | 1 575.42   | 2.046(L1 CA)           |
| GLONASS | G1   | $1\,602 + 0.562\,5 \times k \quad k = (-7 \sim 6)$ | 8.334 5                |
| Galileo | E1   | 1 575.42   | 24.552                 |



**附 录 B**  
(资料性附录)

**低轨动态典型测试场景设置方法**

低轨动态典型测试场景设置方法见表 B.1～表 B.3。表 B.1 为测试接收机功能和性能的一般性测试的轨道设置方法,表 B.2 为测试接收机容错与恢复功能的故障设置方法,表 B.3 为测试接收机动态适应能力的动态参数设置方法。

**表 B.1 低轨典型轨道根数**

| 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 低轨典型故障设置**

| 故障名称 | 故障设置                                |
|------|-------------------------------------|
| 星历故障 | 更改信号模拟源中某一颗导航星电文,设置卫星星历健康字为不健康      |
| 伪距故障 | 通过更改信号模拟源数伪轨道,设置某卫星的伪距测量值偏差大于 300 m |

**表 B.3 低轨典型动态设置**

|      |                      |
|------|----------------------|
| 动态设置 | 初始速度 7.8 km/s,加速度 4g |
|------|----------------------|

附 录 C  
(资料性附录)  
环境适应性典型试验条件

接收机环境适应性典型试验条件见表 C.1～表 C.8。一般分为验收级试验和鉴定级试验,验收试验要求对所有在轨飞行产品进行,鉴定级试验应选用能代表飞行产品状态的鉴定试验产品进行。

表 C.1 热循环典型试验条件

| 参 数     | 试验条件                            |                                 |
|---------|---------------------------------|---------------------------------|
|         | 验收级                             | 鉴定级                             |
| 试验压力    | 正常环境压力                          |                                 |
| 试验温度    | −25 ℃~60 ℃(主机)/−100 ℃~100 ℃(天线) | −35 ℃~70 ℃(主机)/−110 ℃~110 ℃(天线) |
| 循环次数    | 12.5 次                          | 25.5 次                          |
| 变温速率    | 3 ℃/min~5 ℃/min                 |                                 |
| 高低温停留时间 | 高温≥6 h,低温≥2 h                   |                                 |

表 C.2 热平衡典型试验条件

| 试验参数    | 参数值   |
|---------|---|
| 测试温度    | +50 ℃   |
| 环境压力    | ≤6.65×10 <sup>−3</sup> Pa   |
| 测温点位置   | 待测设备表面和所处的空间模拟源表面   |
| 待测元器件要求 | 一般功耗不小于 0.3 W 的元器件  |
| 稳定工作判据  | 连续 4 h 内,监测点温度波动值不超过±0.5 ℃,或单调变化率小于 0.1 ℃/h,即认为试验已达到稳定,此时进行稳态温度数据及电参数取值 |
| 状态和性能监测 | 试验中,对导航终端工作状态和主要性能指标进行监测  |

表 C.3 冲击典型试验条件

| 频率范围及参数         | 验收级      | 鉴定级     |
|-----------------|----------|---------|
| 100 Hz~600 Hz   | 6 dB/oct |         |
| 600 Hz~4 000 Hz | 700 g    | 1 000 g |
| 加载方向            | 三个轴向     |         |
| 每个轴向冲击次数        | 1        | 2       |



表 C.4 加速度典型试验条件

| 试验条件        | 参数  |                        | 备注                  |
|-------------|-----|------------------------|---------------------|
|             | 验收级 | 鉴定级                    |                     |
| 三个轴向( $g$ ) | —   | 9                      | 每个轴向含正负两个方向,正负方向各一次 |
| 加载速率        | —   | 0.5 $g/s \sim 1.0 g/s$ | —                   |
| 保持时间        | —   | 2 min                  | 当过载值达到要求后持续时间       |

表 C.5 正弦振动典型试验条件

| 频率范围及参数      | 振动幅值      |           |
|--------------|-----------|-----------|
|              | 验收级       | 鉴定级       |
| 10 Hz~20 Hz  | 6.25 mm   | 10 mm     |
| 20 Hz~100 Hz | 10 $g$    | 16 $g$    |
| 扫描率          | 4 oct/min | 2 oct/min |
| 加载方向         | 三个轴向      |           |

表 C.6 随机振动典型试验条件

| 频率范围及参数         | 功率谱密度          |               |
|-----------------|----------------|---------------|
|                 | 验收级            | 鉴定级           |
| 10 Hz~95 Hz     | +6 dB/oct      | +6 dB/oct     |
| 95 Hz~130 Hz    | 0.45 $g^2/Hz$  | 1 $g^2/Hz$    |
| 130 Hz~200 Hz   | -14.7 dB/oct   | -13 dB/oct    |
| 200 Hz~600 Hz   | 0.055 $g^2/Hz$ | 0.16 $g^2/Hz$ |
| 600 Hz~2 000 Hz | -15 dB/oct     | -15 dB/oct    |
| 总均方根值           | 8.5            | 13.6          |
| 加载时间            | 1 min          | 2 min         |
| 加载方向            | 三个轴向           |               |

表 C.7 热真空典型试验条件

| 参 数    | 试验条件   |   |
|--------|--|---|
|        | 验收级  | 鉴定级   |
| 试验压力   | $\leq 6.65 \times 10^{-3}$ Pa  |   |
| 试验温度   | -25 $^{\circ}C \sim 60$ $^{\circ}C$ (主机)/-100 $^{\circ}C \sim 100$ $^{\circ}C$ (天线)  | -35 $^{\circ}C \sim 70$ $^{\circ}C$ (主机)/-110 $^{\circ}C \sim 110$ $^{\circ}C$ (天线) |
| 循环次数   | 6.5 次  | 12.5 次  |
| 变温速率   | 由试验高温端变化到低温端的降温过程中,平均速率为 1 $^{\circ}C/min \sim 7$ $^{\circ}C/min$ ;由试验低温端变化到高温端的升温过程中,平均速率为 2 $^{\circ}C/min \sim 9$ $^{\circ}C/min$ ,最大瞬时变温速率不超过 20 $^{\circ}C/min$ |   |
| 试验剖面要求 | 高温停留 1.5 h,低温停留 1 h  |   |



表 C.8 低气压放电典型试验

| 试验参数 | 参数值                             |
|------|---------------------------------|
| 温度范围 | 室温                              |
| 试验次数 | 3 次及以上降压过程                      |
| 环境压力 | 由常压逐渐降至 1.3 Pa                  |
| 降压时间 | 环境压力从常压下降到 1.3 Pa 的时间不少于 10 min |

\_\_\_\_\_