

ICS 83.140.99/33.200

CCS G 40/M 732

团体标准

T/SSMT 2-2020

T/SSNA 2-2020

GNSS 测量型 OEM 板性能要求及测试方法

Performance requirements and test methods for GNSS measurement
type OEM board

2020-11-02 发布

2020-11-02 实施

上海市计量测试学会

发布

上海卫星导航定位产业技术创新战略联盟

目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义及缩略语.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 缩略语.....	3
4 性能要求.....	3
4.1 信号接收性能.....	3
4.1.1 单北斗工作模式.....	3
4.1.2 通道数与跟踪能力.....	4
4.1.3 捕获灵敏度.....	4
4.1.4 跟踪灵敏度.....	4
4.2 精度.....	5
4.2.1 单点定位精度.....	5
4.2.2 单点平滑精度.....	5
4.2.3 PPP 定位精度.....	5
4.2.4 静态基线测量精度.....	5
4.2.5 内部噪声水平.....	5
4.2.6 差分定位精度.....	5
4.2.7 观测数据完整率.....	6
4.2.8 观测值精度.....	6
4.2.9 速度精度.....	6
4.2.10 1PPS 精度.....	6
4.2.11 定向精度（双天线）.....	6
4.3 首次定位时间.....	6
4.3.1 冷启动首次定位时间.....	6
4.3.2 热启动首次定位时间.....	6
4.4 重捕获时间.....	6
4.5 RTK 初始化时间.....	6
4.6 动态性能.....	7
4.7 输入输出数据内容及格式.....	7
4.8 接口.....	7
4.9 存储.....	7
4.10 保护.....	7
4.11 电源.....	7
4.12 功耗.....	7
4.13 尺寸与重量.....	7
4.14 环境适应性.....	7
4.14.1 工作温度.....	7
4.14.2 存储温度.....	8
4.14.3 振动.....	8
5 测试方法.....	8

5.1	测试条件.....	8
5.1.1	测试环境.....	8
5.1.2	室外基线检验场.....	8
5.1.3	测试设备.....	8
5.1.4	测试项目.....	10
5.2	信号接收性能.....	11
5.2.1	单北斗工作模式.....	11
5.2.2	通道数与跟踪能力.....	11
5.2.3	捕获灵敏度.....	11
5.2.4	跟踪灵敏度.....	11
5.3	精度.....	11
5.3.1	单点定位精度.....	11
5.3.2	静态基线测量精度.....	12
5.3.3	内部噪声水平.....	12
5.3.4	差分定位精度.....	12
5.3.5	观测数据完整率.....	13
5.3.6	观测值精度.....	13
5.3.7	速度精度.....	14
5.3.8	1PPS 精度.....	15
5.3.9	定向精度（双天线）.....	15
5.4	首次定位时间.....	15
5.5	重捕获时间.....	16
5.6	RTK 初始化时间.....	16
5.7	动态性能.....	16
5.8	输入输出数据内容及格式.....	16
5.9	接口.....	16
5.10	存储.....	16
5.11	保护.....	17
5.12	电源.....	17
5.13	功耗.....	17
5.14	尺寸与重量.....	17
5.15	环境适应性.....	17
5.15.1	工作温度.....	17
5.15.2	存储温度.....	17
5.15.3	振动.....	17
附录 A	（资料性） GNSS 卫星信号载波频率.....	18

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由上海司南卫星导航技术股份有限公司提出。

本文件由上海市计量测试学会归口。

本文件起草单位：上海司南卫星导航技术股份有限公司、上海市计量测试技术研究院、北京司南北斗科技发展有限公司、上海华测导航技术股份有限公司、千寻位置网络有限公司、上海交通大学航空航天学院、上海北斗导航创新研究院。

本文件主要起草人：王永泉、刘若普、王立端、张春领、陆星海、桑昱、蔡青、董莲、胡立志、胥婕。

本文件为上海市计量测试学会团体标准，由上海市计量测试学会和上海卫星导航定位产业技术创新战略联盟共同发布，推荐有关方面参考采用。

GNSS 测量型 OEM 板性能要求及测试方法

1 范围

本文件规定了支持北斗卫星导航系统的 GNSS 测量型 OEM 板的性能要求和测试方法。

本文件适用于支持北斗系统的 GNSS 测量型 OEM 板（以下简称 OEM 板）的研制、生产和检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2423.1-2008 电工电子产品环境试验第 2 部分：试验方法试验 A：低温

GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验第 2 部分：试验方法试验 B：高温

GB/T 18214.1-2000 全球导航卫星系统第 1 部分：全球定位系统接收设备性能标准、测试方法和要求测试的结果

GJB 150.16A-2009 军用装备实验室环境试验方法 第 16 部分：振动试验

GJB 150.18A-2009 军用装备实验室环境试验方法 第 18 部分：冲击试验

GJB 367A-2001 军用通信设备通用规范

CH/T 2009-2010 全球定位系统实时动态测量（RTK）

CH/T 8018-2009 全球导航卫星系统（GNSS）测量型接收机 RTK 检定规程

SJ/T 11421-2010 GNSS 测量型接收设备通用规范

SJ/T 11428-2010 GPS 接收机模块性能要求及测试方法

BD 110001-2015 北斗卫星导航术语

BD 410002-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机差分数据格式（一）

BD 410003-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机差分数据格式（二）

BD 410004-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机导航定位数据输出格式

BD 420003-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）测量型天线性能要求及测试方法

3 术语、定义及缩略语

3.1 术语和定义

BD 110001-2015 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

GNSS 测量型 OEM 板 GNSS geodetic OEM board

GNSS 测量型接收设备的定位主机板。

3.1.2

捕获灵敏度 acquisition sensitivity

用户设备在冷启动条件下，捕获导航信号并正常定位所需的最低信号电平。

[来源：BD 110001-2015，4.2.7]

3.1.3

跟踪灵敏度 tracking sensitivity

用户设备在正常定位后，能够继续保持对导航信号的跟踪和定位所需的最低信号电平。

[来源：BD 110001-2015，4.2.8]

3.1.4

冷启动 cold start

用户设备在星历、历书、概略时间和概略位置未知的状态下，从开机到正常定位的状态。

3.1.5

热启动 hot start

用户设备在星历、历书、概略时间和概略位置已知的状态下，从开机到正常定位的状态。

3.1.6

首次定位时间 time to first fix

用户设备开机至获得首次正确定位所需的时间。

[来源：BD 110001-2015，4.1.41]

3.1.7

内部噪声水平 interior noise level

由OEM板通道间的随机偏差，锁相环、码跟踪环的随机偏差，以及其钟差残差等引起的测距和测相误差。

3.1.8

单点定位 single point positioning

利用GNSS接收机的伪距观测值及广播星历实现定位的方式，是GNSS提供的一种基本服务。

[来源：BD 110001-2015，2.3.18]

3.1.9

单点平滑 single point smoothing

利用载波平滑后的伪距观测值进行单点定位的方法。

3.1.10

精密单点定位 precise point positioning (PPP)

利用GNSS接收机的载波相位观测值、精密星历和精密卫星钟差实现高精度定位的方式。

[来源：BD 110001-2015，4.8.4.4]

3.1.11

差分定位 differential positioning

提高卫星导航定位精度的技术。在已知点上设置卫星导航基准接收机，根据由此获得的卫星导航观测值或误差修正量，实时或事后提供给差分用户设备，使用户设备接收并利用修正量提高其定位精度。

3.1.12

实时伪距差分 real-time code differential positioning (RTD)

利用伪距观测值及差分改正数提高GNSS定位性能的方法。

3.1.13

实时动态测量 real-time kinematic survey (RTK)

GNSS相对定位技术的一种，主要通过基准站和流动站之间的实时数据链路和载波相对定位快速解算技术，实现高精度动态相对定位。

[来源：BD 110001-2015，4.8.4.3]

3.1.14

连续运行参考站系统 Continuously Operating Reference Stations (CORS)

由分布于不同区域的安装有GNSS接收机等设备的参考站、通信系统、数据处理中心等构成的地理空间信息基础设施。可连续跟踪接收卫星信号，汇总原始观测数据，处理得到卫星轨道、钟差、载波相位改正值、伪距改正值等各类数据产品的系统。

[来源：BD 110001-2015，4.8.4.14]

3.1.15

网络RTK network Real-Time Kinematic (RTK) positioning

由数据处理中心对覆盖在一定范围内多个参考站的同步观测数据进行处理，生成差分数据并通过网络播发，该区域内的流动站接收卫星信号和差分信号，实现实时动态定位(RTK)的技术。

[来源：BD 110001-2015，4.8.4.15]

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

1PPS 秒脉冲 (1 Pulse Per Second)

BDS 北斗卫星导航系统 (BeiDou Navigation Satellite System)

CORS 连续运行参考站系统 (Continuously Operating Reference Stations)

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)

NRTK 网络RTK (Network Real Time Kinematic)

PDOP 位置精度因子 (Positional Dilution Of Precision)

PPP 精密单点定位技术 (Precise Point Positioning)

RMS 均方根 (Root Mean Square)

RTD 实时伪距差分 (Real-Time Code Differential Positioning)

RTK 实时动态测量 (Real Time Kinematic)

UART 通用异步接收/发送装置 (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)

4 性能要求

4.1 信号接收性能

4.1.1 单北斗工作模式

GNSS测量型OEM板应具备在仅接收BDS播发的公共服务信号情况下实现高精度测量解算的能力。

4.1.2 通道数与跟踪能力

通道数与跟踪能力的要求和分类见表1。

表1 OEM板通道数与跟踪能力

OEM板类别	频点数	最小系统组成	通道数
单模单频	≥1	BDS	≥14
多模单频	≥2	BDS+GPS或BDS+GLONASS	≥28
单模多频	≥2	BDS	≥28
多模多频	≥4	BDS+GPS或BDS+GLONASS	≥56

4.1.3 捕获灵敏度

捕获灵敏度要求见表2，各GNSS卫星信号的载波频率可参见附录A的内容。

表2 OEM板捕获灵敏度

GNSS系统	信号频点	捕获灵敏度 dBm
BDS	B1, B2, B3	≤-133
	B1C	≤-131
	B2a	≤-128
GPS	L1	≤-132
	L2	≤-129
	L5	≤-128
GLONASS	G1	≤-131
	G2	≤-137
Galileo	E1	≤-127
	E5a, E5b	≤-125

4.1.4 跟踪灵敏度

跟踪灵敏度要求见表3。

表3 OEM板的跟踪灵敏度

GNSS系统	信号频点	跟踪灵敏度 dBm
BDS	B1, B2, B3	≤-136
	B1C	≤-134
	B2a	≤-131
GPS	L1	≤-135
	L2	≤-132
	L5	≤-131
GLONASS	G1	≤-134
	G2	≤-140
Galileo	E1	≤-130
	E5a, E5b	≤-128

4.2 精度

4.2.1 单点定位精度

当PDOP \leq 4时:

- a) 单频定位精度: 水平定位精度 \leq 3m (DRMS), 垂直定位精度 \leq 5m (RMS);
- b) 多频定位精度: 水平定位精度 \leq 1.5m (DRMS), 垂直定位精度 \leq 3m (RMS)。

4.2.2 单点平滑精度

单频平滑精度: 水平定位精度 \leq 1.0m (DRMS), 垂直定位精度 \leq 1.8 (RMS)。

多频平滑精度: 水平定位精度 \leq 0.8m (DRMS), 垂直定位精度 \leq 1.5 (RMS)。

4.2.3 PPP 定位精度

当定位结果稳定后, PPP定位精度: 水平定位精度 \leq 0.1m (DRMS), 垂直定位精度 \leq 0.2m (RMS)。

注: 定位结果稳定是指定位精度同时满足水平方向首次优于0.1m、垂直方向首次优于0.2m, 并在其后连续10个历元内满足该要求所需的定位时间小于10min。

4.2.4 静态基线测量精度

静态基线测量精度至少应满足:

- a) 单频OEM板静态基线测量的水平标称精度应优于 $\pm(10+1\times 10^{-6}\times D)$ mm, 垂直标称精度应优于 $\pm(20+1\times 10^{-6}\times D)$ mm;
- b) 多频OEM板静态基线测量的水平标称精度应优于 $\pm(2.5+1\times 10^{-6}\times D)$ mm, 垂直标称精度应优于 $\pm(5+1\times 10^{-6}\times D)$ mm;
- c) OEM板的静态基线测量精度用通过验证的第三方软件处理。

其中: D为基线长, 单位为km。采用中长基线。天线的架设与相位中心变化引起的基线测量误差应小于2mm。

4.2.5 内部噪声水平

内部噪声水平应不大于1mm。

4.2.6 差分定位精度

4.2.6.1 实时伪距差分

在不大于50km的基线上, 水平定位精度应优于0.5m (DRMS); 垂直定位精度应优于1.0m (RMS)。

4.2.6.2 RTK测量精度

RTK测量的水平标称精度应优于 $\pm(10+0.5\times 10^{-6}\times D)$ mm, 垂直标称精度应优于 $\pm(20+0.5\times 10^{-6}\times D)$ mm; 其中 $D\leq 50$ km。

4.2.6.3 网络RTK测量精度

在连续运行参考站网络覆盖范围内, 网络RTK (NRTK) 测量的水平精度优于 ± 2 cm;

垂直精度优于 $\pm 3\text{cm}$ 。

4.2.7 观测数据完整率

观测数据的完整率应优于98%。

4.2.8 观测值精度

观测值精度应满足：

- a) 码伪距观测量精度应优于15cm；
- b) 载波相位观测量精度应优于1.0mm。

4.2.9 速度精度

在PDOP ≤ 4 时，速度精度应优于0.05m/s（RMS）。

4.2.10 1PPS 精度

具有授时功能的OEM板，其1PPS输出上升沿、下降沿可设置，脉宽可调，精度应优于20ns（ 1σ ）。

4.2.11 定向精度（双天线）

当OEM板支持双GNSS天线定向功能时，静态定向精度应优于 $(0.2/R)^\circ$ 。其中，R为双天线之间的基线距离，单位为m。

4.3 首次定位时间

4.3.1 冷启动首次定位时间

冷启动时，在输入卫星导航信号功率电平为-128dBm时，OEM板在概略位置、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10s连续输出三维定位误差小于10m的定位数据，所需时间应不超过55s。

4.3.2 热启动首次定位时间

热启动时，在输入卫星导航信号功率电平为-128dBm时，OEM板在存有星历、历书、时间和位置的状态下开机，到首次能够在其后10s连续输出三维定位误差小于10m的定位数据，所需时间应不超过20s。

4.4 重捕获时间

OEM板在输入GNSS卫星信号功率电平为-125dBm且正常工作状态下，GNSS卫星信号短时中断30s，从信号恢复到首次能够在其后10s连续输出三维定位误差小于10m的定位数据，所需时间应不超过2s。

4.5 RTK 初始化时间

在不大于50km的基线上，OEM板从获取差分数据到获得RTK固定解的时间不大于10s。

4.6 动态性能

最高速度不低于515m/s，加速度不低于40m/s²时，OEM板定位精度应满足要求。

4.7 输入输出数据内容及格式

输入或输出的数据应包括以下信息：

- a) 输出定位结果数据，应符合NMEA0183，BD410004-2015格式要求；
- b) 输出原始观测数据，应包括观测历元时刻、观测值及导航电文等，以厂家自定义的ASCII码或二进制格式输出，数据更新率至少为10Hz；
- c) 输入或输出差分信息，应符合BD410002-2015、BD410003-2015的要求；
- d) 输入或输出控制命令和其他信息。

4.8 接口

接口要求应满足至少具备通讯接口及射频接口，具体接口类型由产品规范规定。

4.9 存储

OEM板应具备数据存储能力，可存储配置信息、星历或原始观测值等。具体存储容量由产品规范规定。

4.10 保护

保护要求应满足：

- a) OEM板天线输入接头应具有短路保护功能；
- b) OEM板数据输入、输出接口应具有短路保护功能；
- c) OEM板应具有静电保护功能。

4.11 电源

在直流额定电压下正常工作，当供电电压偏离额定电压±5%时，OEM板应能正常工作。当输入电压纹波峰值为50mV时，OEM板应能正常工作。

4.12 功耗

OEM板功耗由产品规范规定。

4.13 尺寸与重量

OEM板尺寸与重量由产品规范规定。

4.14 环境适应性

4.14.1 工作温度

OEM板最高工作温度为85℃，最低工作温度-40℃。

4.14.2 存储温度

OEM板最高存储温度为95℃，最低存储温度为-55℃。

4.14.3 振动

OEM板开机振动、关机振动满足GJB150.16A试验程序 I、试验程序 II 要求，开机冲击与关机冲击满足GJB150.18A-2009试验程序 I 功能性冲击要求。OEM板在表4、表5的条件下，应能正常工作，保持结构完好。

表4 OEM板正弦振动环境参数

振动模式	位移幅值 mm	加速度幅值 m/s ²	频率范围 Hz
正弦振动	3.5	—	2~9
	—	10	9~200
	—	15	200~500

表5 OEM板平稳随机振动环境参数

振动模式	加速度谱密度 m ² /s ²	频率范围 Hz
平稳随机振动	10	2~10
	1	10~200
	0.3	200~2000

5 测试方法

5.1 测试条件

5.1.1 测试环境

测试环境应在卫星几何定位因子PDOP≤4的情况下进行；应没有强电磁干扰源，如通信基站、雷达等。

5.1.2 室外基线检验场

室外基线检验场应选择在地质构造坚固稳定、利于长期保存、交通便利的地方建设。检验场的各个观测点应位于周围无显著电磁信号干扰，且点位周围环视高度角10°以上无障碍物的地方。检验场的基线距离测定精度应优于被检验设备精度指标三分之一。

5.1.3 测试设备

测试设备应检定合格并在有效期内。常用测试设备见表6。

表6 常见测试设备

序号	测试设备	设备要求
1	游标卡尺	1) 分辨率: $\leq 0.01\text{mm}$; 2) 精度: $\leq 0.02\text{mm}$ 。
2	GNSS天线	1) 供电电压: 3.3VDC~12VDC; 2) 工作电流: $\leq 55\text{mA}$; 3) 卫星信号: 四系统全频段。
3	网络分析仪	1) 频率范围: 300kHz~3GHz; 2) 动态范围: 120db; 3) 迹线噪声: 0.005db rms。
4	原子钟	1) 频率稳定度(秒稳): $\leq 1 \times 10^{-12}$ 。
5	信号模拟器	1) 能够模拟BDS/GPS/GLONASS/Galileo导航系统信号的发射; 2) 每频点仿真信号通道数量: ≥ 12 ; 3) 每频点仿真多径信号通道数量: ≥ 4 ; 4) 仿真动态最大速度: $\geq 8000\text{m/s}$; 5) 仿真速度分辨率: $\leq 0.01\text{m/s}$; 6) 仿真动态最大加速度: $\geq 900\text{m/s}^2$; 7) 仿真加速度分辨率: $\leq 0.01\text{m/s}^2$; 8) 信号分辨率: $\leq 0.2\text{dB}$; 9) 功率范围: -60dBm~-160dBm; 10) 持续仿真时间: ≥ 20 天。
6	电子秤	1) 精度: $\leq 1\text{g}$ 。
7	频谱分析仪	1) 频率范围: 10Hz~3.6GHz。
8	射频信号发生器	1) 频率范围: 9kHz~3GHz; 2) 幅度范围: -127dbm~13dbm。
9	计算机	1) 硬盘容量: $\geq 500\text{GB}$; 2) 内存容量: $\geq 8\text{GB}$ 。
10	高速数字示波器	1) 带宽: $\geq 350\text{MHz}$; 2) 通道数: ≥ 2 个; 3) 通道采样率: $\geq 5\text{GSa/s}$ 。
11	直流稳压电源	1) 电压范围: 0V~30V; 2) 电流范围: 0A~5A。
12	数字万用表	1) 工作电流范围: 1mA~11000mA; 2) 电流分辨率: 1mA; 3) 工作电压范围: 0.1mV~1000V; 4) 电压分辨率: 1mV。
13	高低温试验箱	1) 温度范围: $-70^{\circ}\sim 150^{\circ}$; 2) 温度波动度: $\leq 0.5^{\circ}$; 3) 精度: 0.1° 。
14	振动试验台	1) 2个同步输入通道; 2) 1个输出通道; 3) 输入输出电压范围: 120db; 4) 输出动态范围: $> 110\text{db}$ 。

表6 常见测试设备（续）

序号	测试设备	设备要求
15	功分器	1) 1分4。

5.1.4 测试项目

本文件规定的性能要求及其测试方法所对应的条款见表7。

表7 测试项目一览表

序号	测试项目		性能要求	测试方法	
1	信号接收性能	单北斗工作模式	4.1.1	5.2.1	
		通道数与跟踪能力	4.1.2	5.2.2	
		捕获灵敏度	4.1.3	5.2.3	
		跟踪灵敏度	4.1.4	5.2.4	
2	精度	单点定位精度	4.2.1	5.3.1	
		单点平滑精度	4.2.2	5.3.1	
		PPP 定位精度	4.2.3	5.3.1	
		静态基线测量精度	4.2.4	5.3.2	
		内部噪声水平	4.2.5	5.3.3	
		差分定位精度	实时伪距差分	4.2.6.1	5.3.4.1
			RTK 测量精度	4.2.6.2	5.3.4.2
			网络 RTK 测量精度	4.2.6.3	5.3.4.3
		观测数据完整率	4.2.7	5.3.5	
		观测值精度	4.2.8	5.3.6	
		速度精度	4.2.9	5.3.7	
1PPS 精度	4.2.10	5.3.8			
定向精度（双天线）	4.2.11	5.3.9			
3	首次定位时间	冷启动首次定位时间	4.3.1	5.4	
		热启动首次定位时间	4.3.2	5.4	
4		重捕获时间	4.4	5.5	
5		RTK 初始化时间	4.5	5.6	
6		动态性能	4.6	5.7	
7		输入输出数据内容及格式	4.7	5.8	
8		接口	4.8	5.9	
9		存储	4.9	5.10	
10		保护	4.10	5.11	
11		电源	4.11	5.12	
12		功耗	4.12	5.13	
13		尺寸与重量	4.13	5.14	
14	环境适应性	工作温度	4.14.1	5.15.1	
		存储温度	4.14.2	5.15.2	
		振动	4.14.3	5.15.3	

5.2 信号接收性能

5.2.1 单北斗工作模式

使用实际北斗信号，数据链路仅播发北斗差分改正数据，进行RTK测量精度测试，OEM板应能支持单北斗工作模式，RTK测量精度应满足4.2.6.2的要求。

5.2.2 通道数与跟踪能力

使用GNSS卫星信号模拟器输出功率电平为-125dBm的模拟信号，通过显控设备查看OEM板收到卫星信号的通道数，观察并记录OEM板的通道数及跟踪卫星个数。

5.2.3 捕获灵敏度

使用信号模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度不高于2m/s的直线运动用户轨迹。每次设置模拟器输出的各颗卫星的每一通道信号电平从OEM板不能捕获信号的状态开始，以1dB步进增加，若OEM板的技术文件声明的捕获灵敏度优于4.1.3规定的量值时，可从其声明的捕获灵敏度量值低2dB的电平值开始。在模拟器输出信号的每个电平值下，OEM板在冷启动状态下开机，若能够在300s内捕获信号，并以1Hz的更新率连续10次输出三维定位误差小于10m的定位数据，记录该电平值，应符合4.1.3的要求。

5.2.4 跟踪灵敏度

使用信号模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度不高于2m/s的直线运动用户轨迹。在OEM板正常定位的情况下，设置模拟器输出的各颗卫星的各通道信号电平以1dB步进降低。

在模拟器输出信号的每个电平值下，测试OEM板能否在300s内连续10次输出三维定位误差小于10m的定位数据，找出能够使OEM板满足该定位要求的最低电平值，应符合4.1.4的要求。

5.3 精度

5.3.1 单点定位精度

使用实际卫星信号测试，通过馈线将OEM板与天线连接在室外基线检验场的观测点上，待OEM板得到定位结果后开始记录输出的坐标，数据采样间隔为不大于10s，记录数据不少于300个，用式（1）计算单点定位的水平定位精度，用式（2）计算单点定位的垂直定位精度。

$$m_h = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(N_i - N_0)^2 + (E_i - E_0)^2]} \cdot \dots \cdot \dots \cdot (1)$$

$$m_v = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (U_i - U_0)^2} \cdot \dots \cdot \dots \cdot (2)$$

式中：

m_h, m_v - 分别为单点定位水平、垂直精度，单位为米（m）；

n - 获得的单点定位坐标个数；

N_i, E_i, U_i - 分别为被测设备第*i*个定位结果在站心地平坐标系下的北、东、高坐标，

单位为米 (m)；

N_0, E_0, U_0 - 分别为已知点在站心地平坐标系下的北、东、高坐标, 单位为米 (m)。

单点平滑、精密单点定位精度的测试方法同单点定位。

5.3.2 静态基线测量精度

使用实际卫星信号测试, 将两个被测OEM板及天线 (两个OEM板选用同一型号的测量型天线) 架设在室外基线检验场的观测点上, 基线长度8km~20km, 观测四个不同的时段, 每个时段的观测时间应不少于30min, 设置卫星截止高度角不大于15°, 采样间隔不大于10s, 按式 (3)、(4) 计算的静态相对定位精度应优于标称标准差 σ , σ 按公式 (5) 计算。

$$m_{hs} = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 ((\Delta E_i - \Delta E_0)^2 + (\Delta N_i - \Delta N_0)^2) \dots \dots \dots (3)}$$

$$m_{vs} = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 (\Delta U_i - \Delta U_0)^2 \dots \dots \dots (4)}$$

式中:

m_{hs}, m_{vs} - 分别为静态基线测量水平、垂直精度、单位为毫米 (mm)；

$\Delta N_i, \Delta E_i, \Delta U_i$ - 分别为基线在站心地平坐标系下北、东、高方向分量的测量值, 单位为毫米 (mm)；

$\Delta N_0, \Delta E_0, \Delta U_0$ - 分别为已知基线在站心地平坐标系下北、东、高方向分量, 单位为毫米 (mm)。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \times D)^2} \dots \dots \dots (5)$$

式中:

σ - OEM板标称标准差, 单位为毫米 (mm)；

a - 固定误差, 单位为毫米 (mm)；

b - 比例误差, 单位为毫米每千米 (mm/km)；

D - 基线长度, 单位为千米 (km), 基线长度 $D \leq 0.5\text{km}$, 取 $D=0.5\text{km}$ 用于计算。

5.3.3 内部噪声水平

使用实际卫星信号测试, 将同一天线经功率分配器分成功率、相位相同的两路信号送到2个OEM板, 2个OEM板在静态测量模式下连续观测不少于30min, 通过使用验证软件处理分量和长度应不大于1mm。

5.3.4 差分定位精度

5.3.4.1 伪距差分定位

使用实际卫星信号测试, 在检验场地选取不大于50km基线进行检验, 有效GNSS卫星数目不少于8颗, 设置卫星截止高度角不大于10°, OEM板在已知坐标的点位上进行观测,

共进行10组观测，每组采集不少于100个伪距差分测量结果，参考式（1）、（2）计算的伪距差分定位的水平精度应优于0.5m，垂直精度应优于1m。

5.3.4.2 RTK测量精度

使用实际卫星信号测试，选取适当长度基线进行检验。有效GNSS卫星数目不少于8颗，设置卫星截止高度角不大于10°，OEM板在已知坐标的点位上进行观测，共进行10组观测，每组采集不少于100个RTK测量结果，每组测量重新开机进行初始化。按式（6）、（7）计算RTK测量的水平精度和垂直精度。

$$m_{hk} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(E_i - E_0)^2 + (N_i - N_0)^2]} \dots \dots \dots (6)$$

$$m_{vk} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (U_i - U_0)^2} \dots \dots \dots (7)$$

式中：

m_{hk}, m_{vk} - 分别为RTK测量水平、垂直精度，单位为mm；

N_i, E_i, U_i - 分别为被测设备第*i*个定位结果在站心地平坐标系下北、东、高坐标，单位为mm；

N_0, E_0, U_0 - 分别为已知点在站心地平坐标系下北、东、高坐标，单位为mm；

n - 动态RTK测量结果个数；

i - 动态RTK测量结果序号。

5.3.4.3 网络RTK测量精度

使用实际卫星信号测试，使用网络差分账号，接入网络RTK数据。有效GNSS卫星数目不少于8颗，设置卫星截止高度角不大于10°，OEM板在已知坐标的点位上进行观测，共进行10组观测，每组采集不少于100个RTK测量结果，每组测量重新开机进行初始化。公式见式（6）和式（7）。

5.3.5 观测数据完整率

使用实际卫星信号测试，在室外无遮挡的开阔环境，采集12h的原始观测数据，将数据转换成RINEX格式，使用广播星历按截止高度角10°计算应记录的数据量，统计RINEX观测值文件中记录的实际观测数据量，计算数据完整率，判断是否满足4.2.7的要求。

5.3.6 观测值精度

5.3.6.1 伪距观测值精度

使用实际卫星信号测试或GNSS卫星信号模拟器仿真一个静态场景，连接OEM板进行静态数据采集，卫星截止高度角设置为10°，采样间隔设置为1s，观测时间不少于3h,截取2h数据进行处理，对同一信号分量的不同接收通道上报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，选取观测时段超过总观测时段一半的观测数据进行处理，统计不同信号分量的伪距测量精度，按式（8）计算伪距观测值精度。

$$\sigma(k) = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \nabla \Delta \rho_{ij}^2(k)}{n-1}} \dots \dots \dots (8)$$

式中：

$\sigma(k)$ - 第 k 个信号分量的伪距测量精度；

$\nabla \Delta \rho_{ij}^2(k)$ - 第 i 个观测历元第 j 颗卫星相对任意基准星的伪距观测值双差结果；

k - 信号分量编号；

i - 卫星观测数据历元序号；

j - 可见卫星序号；

n - 双差观测值总数。

5.3.6.2 载波相位观测值精度

使用实际卫星信号测试或GNSS卫星信号模拟器仿真一个静态场景，连接OEM板进行静态数据采集，卫星截止高度角设置为 10° ，采样间隔设置为1s，观测时间不少于3h，截取2h数据进行处理，对同一信号分量的不同接收通道上报的载波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，去除周跳，选取观测时段超过总观测时段一半的观测数据进行处理，统计不同信号分量的载波测量精度，按式（9）计算载波相位观测值精度。

$$\sigma(k) = \frac{1}{\sqrt{8}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta \nabla \Delta \phi_{ij}^2(k)}{n-1}} \dots \dots \dots (9)$$

式中：

$\sigma(k)$ - 第 k 个信号分量的载波测量精度。

$\Delta \nabla \Delta \phi_{ij}(k)$ - 第 $i + 1$ 个观测历元的第 j 颗卫星相对任意基准星的载波观测值双差与第 i 个观测历元的第 j 颗卫星相对任意基准星的载波观测值双差之差；

k - 信号分量编号；

i - 卫星观测数据历元序号；

j - 可见卫星序号；

n - 三差观测值总数。

5.3.7 速度精度

用GNSS模拟器模拟卫星导航信号和用户运动轨迹，输出射频仿真信号。被测OEM板接收射频仿真信号，按1Hz的更新率输出速度数据，以模拟器仿真的速度作为标准，计算速度误差及其分布。

依次用模拟器仿真不同的用户运动轨迹：每条轨迹的仿真时间不小于5min，各条轨迹的最大速度、最大加速度取值见表8。

表8 速度精度测试用户运动轨迹参数

速度 <i>V</i> (m/s)	最大加速度 (m/s ²)
5	1
60	10
100	20

对上述用户运动轨迹所表示的不同速度和加速度，分别计算其测速精度，应符合4.2.9的要求。

5.3.8 1PPS 精度

按图1连接测试设备，原子钟为信号模拟器提供10MHz频标信号，信号模拟器仿真一个静态位置，与OEM板同时输出1PPS至时间间隔计数器，获得不少于1000个时间间隔。统计信号模拟器和OEM板输出的1PPS上升沿差值，按从小到大排序，取第M×66.7%个值为1PPS精度测试结果，M为总时间间隔数。

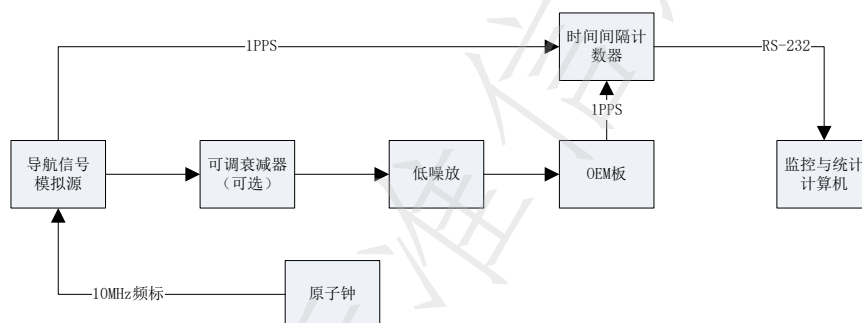


图 1 1PPS精度测试连接图

5.3.9 定向精度（双天线）

使用实际卫星信号测试，将两个被测OEM板及天线（两个OEM板选用同一型号的测量型天线）架设在室外基线检验场的观测点上，基线长度R已知（1~5m），观测四个时段，每个时段的观测时间应不少于30min，设置卫星截止高度角不大于15°，采样间隔不大于10s，记录从OEM板输出的双天线方位角。按式（10）计算定向精度：

$$\delta A = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - A_0)^2} \dots \dots \dots (10)$$

式中：

δA - 方位角精度，单位为deg；

A_i, A_0 - 分别为被测设备第*i*个定向结果和已知观测点的方位角，单位为deg；

i - 定向结果序号；

n - 定向结果个数。

5.4 首次定位时间

使用信号模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度不高于2m/s的直线运动用户轨迹，输出功率电平为-128dBm。

使OEM板在下述任一种状态下开机，以获得冷启动状态：

a) 为OEM板初始化一个距实际测试位置不少于1000km但不超过10000km的伪位置，或删除当前历书数据；

b) 7天以上不加电。

以1Hz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10m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。

5.5 重捕获时间

使用GNSS卫星信号模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度不高于2m/s的直线运动用户轨迹。在OEM板正常定位状态下，短时中断卫星信号30s后，恢复卫星信号，以1Hz的位置更新率连续记录输出的定位数据，找出自卫星信号恢复后，首次连续10次输出三维定位误差不超过10m的定位数据的时刻，计算从卫星信号恢复到上述10个输出时刻中第1个时刻的时间间隔，应符合4.4的要求。

5.6 RTK 初始化时间

使用GNSS卫星信号模拟器仿真一个静态位置（距离基准站不大于8km），设置输出功率电平为-130dBm，且不考虑电离层、对流层及钟差影响。在OEM板成功单点定位后，同时接收模拟器仿真信号和基准站差分信号，记录从获得差分数据到获得固定解的时间，应不大于10s。

5.7 动态性能

使用GNSS卫星信号模拟器仿真速度为515m/s，加速度为40m/s²的动态场景，OEM板的动态单点定位水平定位精度优于1m（RMS），垂直定位精度优于1.8m（RMS）。

5.8 输入输出数据内容及格式

将OEM板数据端口与计算机连接，分别设置OEM板输出定位结果、原始观测数据和差分数据（RTCM2.x及RTCM3.x），记录每项数据不少于20min，分析数据应符合4.7的要求；测试输入或输出控制命令和其他信息是否有效。

5.9 接口

接口应符合以下要求：

a) 对于具有差分功能的OEM板，将差分数据按接口电平要求输入OEM板差分输入口，检查差分定位功能；

b) 用示波器检查输出接口UART信号电平，应符合产品规范要求；

c) 目视检查是否有秒脉冲接口，用示波器检查是否有秒脉冲信号输出；

d) 目测OEM板天线输入接头是否连接可靠，对于使用有源接收天线的OEM板，用电压表测量馈电电压，电流表测量馈电电流，应符合BD 420003-2015的要求，天线的工作电压（3.3-12）VDC、工作电流小于55mA；

e) 目测OEM板是否具备工作状态指示灯。

5.10 存储

OEM板在正常工作状态下，查看是否能有效存储断电前的配置信息、星历和观测数据（具备原始观测值存储的OEM板）。

5.11 保护

在OEM板天线输入接头、数据输入、输出接口短路后，开机检查OEM板是否能正常工作。

5.12 电源

电源应符合以下要求：

- a) 使OEM板电源偏离额定值 $\pm 5\%$ 时，检查OEM板能否正常收星，正常输出观测数据；
- b) 选用输出纹波峰值为50mV的直流电源给OEM板供电，OEM板应能正常工作。

5.13 功耗

OEM板在正常工作状态下，用万用表测量工作电压和工作电流，根据测得的电压和电流值，计算出总功耗。

5.14 尺寸与重量

用量具和衡器检验。

5.15 环境适应性

5.15.1 工作温度

在温度为 -40°C 的低温环境下进行内部噪声水平测试。将天线信号引入高低温试验箱，在高低温试验箱内温度为室温时将OEM板置于试验箱内，并开启OEM板进入正常工作状态。将试验箱内温度设定为 -40°C ，待温度平衡后连续观测16h取出，解算的基线分量和长度应不大于1mm。

采用同样方法将试验箱温度设定为 85°C 进行高温下内部噪声水平测试。

5.15.2 存储温度

在高低温试验箱内温度为室温时将OEM板置于试验箱内。将试验箱内温度设定为 -55°C ，待温度平衡后保持16h，然后将试验箱温度设定为室温，待OEM板与外界温度一致后进行内部噪声水平测试，解算的基线分量和长度应不大于1mm。

采用同样方法将试验箱温度设定为 95°C 进行内部噪声水平测试。

5.15.3 振动

将OEM板置于振动检验台，按照表4、表5的振动环境参数进行正弦振动和平稳随机振动，每次振动10分钟。振动后检查OEM板是否能正常工作，目测外观结构是否完好。

开机、关机振动，开机、关机冲击测试方法采用振动台测试。测试后OEM板卡检查OEM板卡可否正常工作。

附录 A
(资料性)
GNSS卫星信号载波频率

GNSS系统卫星信号的载波频率如表A.1所示。

表A.1 GNSS 卫星信号载波频率

系统	载波名称	载波频率 (MHz)
BDS	B1	1561.098
	B2	1207.14
	B3	1268.52
	B1C	1575.42
	B2a	1176.45
GPS	L1	1575.42
	L2	1227.60
	L5	1176.45
GLONASS	G1	$1602+k*9/16$ $k=-7\dots+6$
	G2	$1246+k*7/16$ $k=-7\dots+6$
Galileo	E1	1575.420
	E5	1191.795
	E5a	1176.45
	E5b	1207.140
	E6	1278.75