

# BD

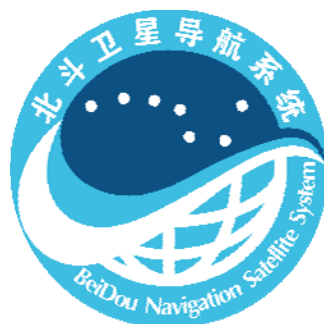
## 中国第二代卫星导航系统重大专项标准

BD 420005—2015

---

### 北斗/全球卫星导航系统（GNSS） 导航单元性能要求及测试方法

Performance requirements and test methods  
for BeiDou/Global Navigation Satellite Systems (GNSS) navigation unit



2015-10-19 发布

2015-11-01 实施

---

中国卫星导航系统管理办公室 批准

# 目 次

前言.....	III
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.....	3
4 性能要求.....	3
4.1 总则.....	3
4.2 组成.....	3
4.3 输出.....	3
4.4 精度.....	4
4.5 首次定位时间.....	4
4.6 重捕获时间.....	4
4.7 灵敏度.....	4
4.8 动态性能.....	5
4.9 位置更新率.....	5
4.10 位置分辨力.....	5
4.11 功耗.....	5
4.12 COG、SOG 和 UTC 输出有效性.....	5
4.13 工作温度和贮存温度.....	5
5 测试方法.....	6
5.1 测试环境条件.....	6
5.2 标准测试信号和测试设备.....	6
5.3 测试场地.....	6
5.4 性能测试.....	6
附录 A（资料性附录） 定位精度的数据处理方法.....	11
附录 B（资料性附录） 实际卫星信号下的动态定位精度测试方法.....	14
参考文献.....	15

## 前 言

为适应我国卫星导航发展对标准的需要，全国北斗卫星导航标准化技术委员会组织制定北斗专项标准，推荐有关方面参考采用。

本标准由中国卫星导航系统管理办公室提出。

本标准由全国北斗卫星导航标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：北京东方计量测试研究所、中国卫星导航工程中心、清华大学、中国航天标准化研究所、国家光电测距仪检测中心、和芯星通科技（北京）有限公司、泰斗微电子科技有限公司、北京东方联星科技有限公司、中国电子科技集团公司第二十研究所、北京华力创通科技股份有限公司。

本标准主要起草人：许丽丽、吴海玲、刘英乾、崔晓伟、夏天、宋成、李作虎、张锐、周玉霞、许冬彦、宋淑娟、魏巍、杨文彬、王碧云、王鹤展、张正烜、许祥滨、韩瑞、杨文辉、邹德君。

# 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）导航单元 性能要求及测试方法

## 1 范围

本标准规定了支持北斗卫星导航系统的 GNSS 导航单元的性能要求和测试方法。

本标准适用于支持北斗卫星导航系统的 GNSS 导航单元（以下简称“导航单元”）的研制、生产、检测和应用。

## 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 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A：高温

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 3358.2-2009 统计学词汇及符号 第 2 部分：应用统计

GB/T 6379.1-2004 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第 1 部分：总则与定义

BD 110001-2015 北斗卫星导航术语

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

## 3 术语和定义、缩略语

### 3.1 术语和定义

GB/T 3358.2-2009、GB/T 6379.1-2004 和 BD 110001-2015 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1.1

##### **精度 accuracy**

测试结果或测量结果与真值间的一致程度。

注 1：在实际中，真值用接收参照值代替。

注 2：术语“精度”，当用于一组测试结果时，由随机误差分量和系统误差即偏倚分量组成。

注 3：精度是正确度和精密度的结合。

注 4：以上定义参考 GB/T 3358.2-2009 和 GB/T 6379.1-2004 中的术语“准确度 accuracy”确定，本文件将术语“accuracy”定义为“精度”，以与国内卫星导航领域对该术语的使用习惯一致。

#### 3.1.2

##### **正确度 trueness**

测试结果或测量结果期望与真值的一致程度。

注 1：正确度的度量通常用偏倚表示。

注 2: 正确度有时被称为“均值的精度”, 但不推荐这种用法。

注 3: 在实际中, 真值用接受参照值代替。

### 3.1.3

#### **精密度 precision**

在规定条件下, 独立测试结果间的一致程度。

注 1: 精密度仅依赖于随机误差的分布而与真值或规定值无关。

注 2: 精密度的度量通常以不精密度表达, 其量值用测试结果的标准差来表示, 精密度越低, 标准差越大。

注 3: 精密度的定量度量严格依赖于所规定的条件, 重复性条件和再现性条件为其中两种极端情况。

### 3.1.4

#### **偏倚 bias**

测试结果或测量结果期望与真值之差。

注 1: 相对于随机误差, 偏倚是总的系统误差。偏倚可由一个或多个系统误差分量组成。

注 2: 测量仪器的偏倚用一定次数重复测量读数误差的平均值来估计。读数误差是测量仪器的读数与输入量真值的差。

注 3: 在实际中, 真值用接受参照值代替。

注 4: 一般称为“偏差”。

### 3.1.5

#### **位置分辨率 resolution of position**

用户设备能够测量出的天线位置的最小变化。

### 3.1.6

#### **冷启动首次定位时间 cold start time to first fix**

用户设备在星历、历书、概略时间和概略位置未知的状态下, 从开机到首次正常定位所需的时间。

### 3.1.7

#### **热启动首次定位时间 warm start time to first fix**

用户设备在星历、历书、概略时间和概略位置已知的状态下, 从开机到首次正常定位所需的时间。

### 3.1.8

#### **重捕获时间 reacquisition time**

用户设备在接收的导航信号短时失锁后, 从信号恢复到重新捕获导航信号所需的时间。

### 3.1.9

#### **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。

### 3.1.10

#### **重捕获灵敏度 reacquisition sensitivity**

用户设备在接收的导航信号短时失锁后，重新捕获导航信号并正常定位所需的最低信号电平。

### 3.1.11

#### 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。

### 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BDS——BeiDou Navigation Satellite System，北斗卫星导航系统；

COG——Course Over Ground，对地航向；

HDOP——Horizontal Dilution Of Precision，水平精度因子；

GLONASS——Global Navigation Satellite System，格洛纳斯卫星导航系统；

GNSS——Global Navigation Satellite Systems，全球卫星导航系统；

GPS——Global Positioning System，全球定位系统；

PDOP——Positioning Dilution Of Precision，位置精度因子；

SOG——Speed Over Ground，对地速度；

UTC——Universal Time Coordinated，协调世界时。

## 4 性能要求

### 4.1 总则

本标准中的导航单元可以是导航型 OEM 板、模块。导航单元使用 GNSS 公开服务信号，提供基于 CGCS2000 坐标系、WGS-84 坐标系、PZ-90.02 坐标系和 GTRF 坐标系中一个或多个坐标系下的位置信息、对地速度信息，以及基于协调世界时（UTC）的时间信息。

导航单元应能在仅使用 BDS 信号时，提供位置、速度和时间信息。

### 4.2 组成

导航单元应至少包括下列组成部分：

- a) 射频信号输入端口；
- b) 卫星导航信号接收和处理模块；
- c) 数据控制和输出端口。

### 4.3 输出

导航单元应至少提供一个输出端口，将导航信息从该输出端口提供给其他设备，输出的导航信息应符合 BD 410004-2015 对数据格式的要求。

导航单元应至少支持下述语句：

DTM — 参考坐标系

GBS — GNSS 卫星故障检测

GGA — GPS 定位数据

GNS — GNSS 定位数据

RMC — 推荐的 GNSS 数据最小集

VTG — 对地航向和对地速度

ZDA — 时间与日期

如果一条语句不使用 WGS-84 坐标系输出导航定位数据，则应使用 DTM 语句指明参考坐标系。

导航单元在集成其他导航辅助设备时，应支持下述语句：

GRS — GNS 距离残差

GSA — GNSS DOP 值和有效卫星

GST — GNSS 伪距误差统计数据

GSV — 可视的 GNSS 卫星

GRS、GSA、GST、GSV 语句输出用于支持外部的一致性检查，应与定位数据（由 GGA 或 GNS 语句输出）同步输出。

#### 4.4 精度

##### 4.4.1 静态定位精度

在  $HDOP \leq 4$  或  $PDOP \leq 6$  时，水平定位精度优于 10m（95%），垂直定位精度优于 15m（95%）。

##### 4.4.2 动态定位精度

在  $HDOP \leq 4$  或  $PDOP \leq 6$  时，水平定位精度优于 10m（95%），垂直定位精度优于 15m（95%）。

##### 4.4.3 测速精度

在  $HDOP \leq 4$  或  $PDOP \leq 6$  时，测速精度优于 0.5m/s（95%）。

#### 4.5 首次定位时间

##### 4.5.1 冷启动首次定位时间

在输入卫星导航信号功率电平为 -130dBm 时，导航单元在概略位置、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 100m 的定位数据，所需时间应不超过 60s。

##### 4.5.2 热启动首次定位时间

在输入卫星导航信号功率电平为 -130dBm 时，导航单元在概略位置、概略时间、星历和历书已知的状态下开机，到首次能够在其后 10s 连续输出三维定位误差小于 100m 的定位数据，所需时间应不超过 5s。

#### 4.6 重捕获时间

导航单元在输入 GNSS 卫星信号功率电平为 -130dBm 且正常工作状态时，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 100m 的定位数据，所需时间应不超过 5s。

#### 4.7 灵敏度

##### 4.7.1 捕获灵敏度

捕获灵敏度应优于 -140dBm。

导航单元在概略位置、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-140dBm时，应能在300s内以1Hz更新率连续10次输出三维定位误差小于100m的定位数据。

#### 4.7.2 重捕获灵敏度

重捕获灵敏度应优于-145dBm。

导航单元正常定位状态下，GNSS卫星信号短时中断30s后恢复，各颗卫星的单通道导航信号载波电平不高于-145dBm时，应能在300s内以1Hz更新率连续10次输出三维定位误差小于100m的定位数据。

#### 4.7.3 跟踪灵敏度

跟踪灵敏度应优于-150dBm。

导航单元正常定位后，各颗卫星的单通道导航信号载波电平降低到-150dBm时，应能在300s内以1Hz更新率连续10次输出三维定位误差小于100m的定位数据。

#### 4.8 动态性能

在速度100m/s，加速度2g的运动条件下，导航单元的定位精度应符合4.4.2的要求，同时测速精度应符合4.4.3要求。

#### 4.9 位置更新率

导航单元最大位置更新率不低于1Hz。

#### 4.10 位置分辨力

导航单元的位置分辨力，经度、纬度均不应超过0.001分，高程不超过2m。

#### 4.11 功耗

导航单元在连续正常工作状态下，功耗应不超过400mW。

#### 4.12 COG、SOG和UTC输出有效性

导航单元应能通过数据接口输出对地航向（COG）、对地速度（SOG）和协调世界时（UTC）。上述输出应由伴随其输出的位置信息给出有效性标识。

导航单元应提供分辨力不高于0.01s的UTC输出。ZDA语句输出的UTC时间的有效性，由伴随其输出的GGA语句中的有效性标识给予指示。

#### 4.13 工作温度和贮存温度

导航单元在表1规定的温度试验参数下应能正常工作和贮存。

表1 温度试验参数

项 目	低温 ℃	高温 ℃	持续时间 h
工作温度	-40	85	16
贮存温度	-55	85	16



## 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：15℃～35℃；
- b) 相对湿度：20%～80%。

如果实际测试条件不能满足上述环境要求，测试结果中应标明测试时真实的环境温度和相对湿度。

### 5.2 标准测试信号和测试设备

在测试中根据需要使用实际的导航卫星信号或模拟测试信号。模拟器产生的信号必须具有与卫星信号相同的特性，在正常动态星座下，能产生几何位置良好（HDOP≤4 或 PDOP≤6）的卫星信号。

所有测试用仪器、设备应有足够的测量范围、分辨力、准确度和稳定度，其性能应满足被测性能指标的要求；测试所用仪器设备应经过计量部门检定或校准，符合性能指标要求，并在检定或校准有效期内。

### 5.3 测试场地

测试场地远离大功率无线电发射源，其距离不小于 200m；远离高压输电线路和微波无线电信号传送通道，其距离不小于 50m；附近不应有强烈反射卫星信号的物体，如大型建筑物、水面等。

天线安装高度应高于地面 1 m 以上，从天顶到水平面以上 10°的仰角空间范围内对卫星的视野清晰。

具有位置已知的标准点，位置精度在 X、Y、Z 方向均应优于 0.1 m (1σ)。

### 5.4 性能测试

#### 5.4.1 测试项目

本标准规定的测试项目及所对应的性能要求、测试方法见表 2。

表 2 测试项目表

序号	测试项目		性能要求	测试方法
1	组成		4.2	0
2	输出		4.3	5.4.3
3	精度	静态定位精度	4.4.1	5.4.4.1
4		动态定位精度	4.4.2	5.4.4.2
5		测速精度	4.4.2	5.4.4.2
6	首次定位时间	冷启动首次定位时间	4.5.1	5.4.5.1
7		热启动首次定位时间	4.5.2	5.4.5.2
8	重捕获时间		4.6	5.4.6
9	灵敏度	捕获灵敏度	4.7.1	5.4.7.1
10		重捕获灵敏度	0	5.4.7.2
11		跟踪灵敏度	4.7.3	5.4.7.3

表 2 测试项目表 (续)

序号	测试项目	性能要求	测试方法
12	动态性能	4.8	5.4.8
13	位置更新率	4.9	5.4.9
14	位置分辨力	4.10	5.4.10
15	功耗	4.11	5.4.11
16	COG、SOG 和 UTC 输出有效性	4.12	5.4.12
17	工作温度和贮存温度	4.13	5.4.13

#### 5.4.2 组成

目视检查被测单元的组成部分，应符合4.2的要求。

检查被测产品提供的产品文档，应带有使用说明书或产品规范，具有详细的操作、接线说明，配套软件、适用的操作系统及使用说明。

#### 5.4.3 输出

被测单元至少提供一个输出接口，将导航信息从该输出接口提供给其他设备，输出的信息应符合4.3的要求。

根据被测产品的说明书，将被测导航单元的输出接口接入计算机，通过厂家提供的软件或第三方软件读取信息，检查输出信息是否符合4.3的要求。

#### 5.4.4 精度

##### 5.4.4.1 静态定位精度

将被测导航单元的天线按使用状态固定在一个位置已知的标准点上，连续测试 24h 以上，将获取的定位数据与标准点坐标进行比较，参照附录 A 计算定位精度。

##### 5.4.4.2 动态定位精度

使用模拟器进行测试，设置模拟器分别仿真如下载体运动轨迹：

- a) 把一台安装固定好的工作正常的被测导航单元，以  $25\text{m/s} \pm 1\text{m/s}$  的速度，沿直线运行至少  $1\text{min} \sim 2\text{min}$ ，然后在 5s 内沿同一直线将速度降到 0。
- b) 把一台安装固定好的工作正常的被测导航单元，以  $12.5\text{m/s} \pm 0.5\text{m/s}$  的速度，在水平面沿直线运动至少 100m，并在运动中相对直线两侧以 11s~12s 周期均匀偏移 2m，保持至少 2min。

被测导航单元接收模拟器输出的射频仿真信号，每秒钟输出一次定位数据，以模拟器仿真的用户位置作为标准位置，计算定位精度，应符合4.4.2的要求。

实际卫星信号下的动态定位精度测试方法参照附录 B。

##### 5.4.4.3 测速精度

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。被测导航单元接收射频仿真信号，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动态的用户运动轨迹，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 3。

表 3 测速精度测试用户运动轨迹参数

序号	最大速度 m/s	最大加速度 m/s <sup>2</sup>
1	5	1
2	60	10
3	100	20

对上述用户运动轨迹，分别计算其测速精度，应符合 4.4.3 的要求。

#### 5.4.5 首次定位时间

##### 5.4.5.1 冷启动首次定位时间

用模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度不高于 2m/s 的直线运动用户轨迹。

使被测导航单元在下述任一种状态下开机，以获得冷启动状态：

- a) 为被测导航单元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 100m 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 4.5.1 的要求。

##### 5.4.5.2 热启动首次定位时间

用模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度不高于 2m/s 的直线运动用户轨迹。

在被测导航单元正常定位状态下，短时断电 60s 后，被测导航单元重新开机，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 100m 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 4.5.2 的要求。

#### 5.4.6 重捕获时间

用模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度不高于 2m/s 的直线运动用户轨迹。

在被测导航单元正常定位状态下，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 100m 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 4.6 的要求。

#### 5.4.7 灵敏度

##### 5.4.7.1 捕获灵敏度

用模拟器进行测试，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导航单元不能捕获信号的状态开始，以 1dB 步进增加，若被测导航单元技术文件声明的捕获灵敏度量值低于 4.7.1 要求的限值，可以从比其声明的灵敏度量值低 2dB 的电平值开始。

在模拟器输出信号的每个电平值下，被测导航单元在冷启动状态下开机，若其能够在 300s 内捕获导航信号，并以 1Hz 的更新率连续 10 次输出三维定位误差小于 100m 的定位数据，记录该电平值，应符合 4.7.1 的要求。

#### 5.4.7.2 重捕获灵敏度

用模拟器进行测试，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各通道信号电平从导航单元不能捕获信号的量值开始，以 1dB 步进增加，若被测导航单元技术文件声明的重捕获灵敏度量值低于 0 要求的限值，可以从比其声明的灵敏度数值低 2dB 的电平值开始。

在模拟器输出信号的每个设置电平值下，被测导航单元正常定位（此时为使导航能够正常定位，可先输出较高的可定位电平）后，控制模拟器中断卫星信号 30s 再恢复到该设置电平值，若导航单元能够在信号恢复后 300s 内捕获导航信号，并以 1Hz 的更新率连续 10 次输出三维定位误差小于 100m 的定位数据，记录该设置电平值，应符合 0 的要求。

#### 5.4.7.3 跟踪灵敏度

用模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度不高于 2m/s 的直线运动用户轨迹。

在导航单元正常定位的情况下，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电平值下，测试导航单元能否在 300s 内连续 10 次输出三维定位误差小于 100m 的定位数据，找出能够使导航单元满足该定位要求的最低电平值，应符合 4.7.3 的要求。

#### 5.4.8 动态性能

用 GNSS 模拟器模拟卫星导航信号和表 3 规定的用户运动轨迹。

被测导航单元接收射频仿真信号，每秒钟输出一次测速数据，以模拟器仿真的位置和速度作为标准，计算动态定位精度和测速精度，应符合 4.4.2 和 4.4.3 的要求。

#### 5.4.9 位置更新率

用模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度为  $2.5\text{m/s} \pm 0.5\text{m/s}$  的直线运动用户轨迹，在 10min 内，每隔 1s 检查导航单元的位置数据输出，观察每次位置数据的更新时刻，应符合 4.9 的要求。

#### 5.4.10 位置分辨力

用模拟器进行测试，设置模拟器仿真在地球赤道附近作匀速直线运动的载体的运动轨迹，载体运动速度在东西方向、南北方向和垂直方向的分量均为  $2.5\text{m/s} \pm 0.5\text{m/s}$ 。在 10min 内，以 1Hz 的位置更新率输出定位数据，计算每相邻 1 秒间经度、纬度和高程的变化平均值，其中经度、纬度应满足  $0.001' \pm 0.0005'$ ，高程应满足  $2\text{m} \pm 1\text{m}$  的要求。

#### 5.4.11 功耗

通过程控直流稳压电源为被测导航单元供电，在被测导航单元正常定位后，在 10min 内每 5s 记录一次程控直流稳压电源显示的瞬时电压和瞬时电流值，并由二者的乘积计算出各瞬时功率。对各时刻的瞬时功率取平均值得到功耗测量值，应符合 4.11 的要求。

#### 5.4.12 COG、SOG 和 UTC 输出有效性

#### 5.4.12.1 COG、SOG 信息的有效性

使用 GGA、VTG 输出信息中的质量指示标识判断 COG、SOG 信息的有效性。

在被测导航单元正常动态定位的条件下，通过减少可视卫星的数量使其输出无效的定位数据，检查 GGA 和 VTG 输出。

GGA 和 VTG 输出信息中的质量指示标识应指示为无效，同时 VTG 输出中的 COG 和 SOG 信息为空字段。

#### 5.4.12.2 UTC 信息的有效性

在被测导航单元正常动态定位的条件下，将可视卫星的数量减少到 2 颗，使被测导航单元输出无效的定位数据，检查 GGA 和 ZDA 输出。

GGA 输出信息中的质量指示标识应指示为无效，同时 ZDA 语句能够继续输出完整的 UTC 信息。

#### 5.4.13 工作温度和贮存温度

##### 5.4.13.1 低温工作

低温工作试验按表 1 规定的试验参数，依照 GB/T 2423.1-2008 规定的方法进行试验。测试被测导航单元的静态定位精度，在温度稳定时段的后段采集 2h 的定位数据，应符合 4.4.1 的要求。

##### 5.4.13.2 低温贮存

低温贮存试验按表 1 规定的试验参数，依照 GB/T 2423.1-2008 规定的方法进行试验。在温度恢复后，测试被测导航单元的静态定位精度，采集 2h 的定位数据，应符合 4.4.1 的要求。

##### 5.4.13.3 高温工作

高温工作试验按表 1 规定的试验参数，依照 GB/T 2423.2-2008 规定的方法进行试验。测试被测导航单元的静态定位精度，在温度稳定时段的后段采集 2h 的定位数据，应符合 4.4.1 的要求。

##### 5.4.13.4 高温贮存

高温贮存试验按表 1 规定的试验参数，依照 GB/T 2423.2-2008 规定的方法进行试验。在温度恢复后，测试被测导航单元的静态定位精度，采集 2h 的定位数据，应符合 4.4.1 的要求。

附 录 A  
(资料性附录)  
定位精度的数据处理方法

### A.1 概述

静态定位精度和动态定位精度测试，可以按本附录给出的方法进行数据处理。

### A.2 基于统计分布假设的数据处理方法

数据处理步骤如下：

- a) 在得到的全部实时定位数据中剔除平面精度因子 HDOP>4 或位置精度因子 PDOP>6 的测量数据。
- b) 在下述处理过程中，应选用适当的统计判断准则（如 3σ 准则）剔除粗大误差数据。
- c) 将导航单元输出的大地坐标系（BLH）定位数据转换为站心坐标系（ENU）定位数据。
- d) 按公式（A.1）～公式（A.3）计算各历元输出的定位数据在站心坐标系下各方向（ENU 方向，即东北天方向）的定位误差：

$$\Delta E_i = E_i - E_{0i} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

$$\Delta N_i = N_i - N_{0i} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

$$\Delta U_i = U_i - U_{0i} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

$\Delta E_i$ 、 $\Delta N_i$ 、 $\Delta U_i$ 、 $\Delta H_i$ ——第  $i$  次实时定位数据的  $E$ 、 $N$ 、 $U$  方向和水平方向的定位误差

（ $i=1,2\sim n$ ），单位为米（m）；

$E_i$ 、 $N_i$ 、 $U_i$ ——第  $i$  次实时定位数据的  $E$ 、 $N$ 、 $U$  方向分量，单位为米（m）；

$E_{0i}$ 、 $N_{0i}$ 、 $U_{0i}$ ——第  $i$  次实时定位的标准点坐标  $E$ 、 $N$ 、 $U$  方向分量，单位为米（m）。

- e) 按公式（A.4）～公式（A.7）计算站心坐标系下各方向的定位偏差（bias）：

$$\bar{\Delta}_E = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta E_i}{n} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

$$\bar{\Delta}_N = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i}{n} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

$$\bar{\Delta}_U = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta U_i}{n} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

$$\bar{\Delta}_H = \sqrt{\bar{\Delta}_N^2 + \bar{\Delta}_E^2} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

$\bar{\Delta}_E$ 、 $\bar{\Delta}_N$ 、 $\bar{\Delta}_U$ ——定位偏差的  $E$ 、 $N$ 、 $U$  方向分量, 单位为米 (m);

$\bar{\Delta}_H$  ——水平定位距离偏差, 单位为米 (m)。

f) 按公式 (A.8) ~ 公式 (A.11) 计算定位误差的标准差(standard deviation):

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta E_i - \bar{\Delta}_E)^2} \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta N_i - \bar{\Delta}_N)^2} \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta U_i - \bar{\Delta}_U)^2} \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_N^2 + \sigma_E^2} \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

式中:

$\sigma_E$ 、 $\sigma_N$ 、 $\sigma_U$ ——定位误差的标准差在  $E$ 、 $N$ 、 $U$  方向的分量, 单位为米 (m);

$\sigma_H$ ——定位误差的标准差在水平方向的分量, 单位为米 (m)。

g) 计算置信概率为 95% 的定位精密度 (precision):

对于水平方向, 在各轴向随机误差接近正态分布、且误差椭圆轴比约为 1 的假设下, 可取置信因子  $k = 2$  ( $k = 2.448 / \sqrt{2} \approx 1.73$  的安全的近似值,  $k = 2$  时水平误差落在半径为  $2\sigma_H$  的圆内的概率在 95.4%~98.2% 之间, 具体值取决于误差椭圆的轴比,  $2\sigma_H$  值通常作为水平误差大小的 95% 界限<sup>[5]</sup>), 按公式 (A.12) 计算:

$$U_H = k\sigma_H = 2\sigma_H, \quad p = 95\% \quad \dots\dots\dots (A.12)$$

对于垂直方向, 取置信因子  $k = 2$  ( $k = 1.96$  的安全近似值), 按公式 (A.13) 计算:

$$U_U = k\sigma_U = 2\sigma_U, \quad p = 95\% \quad \dots\dots\dots (A.13)$$

式中:

$U_H$  ——置信概率 95% 的水平定位精密度, 单位为米 (m);

$U_U$  ——置信概率 95% 的垂直定位精密度, 单位为米 (m)。

h) 分别报告偏差 (bias) 和精密度 (precision):

NEU 三个方向的定位偏差: ( $\bar{\Delta}_N$ 、 $\bar{\Delta}_E$ 、 $\bar{\Delta}_U$ )。

水平定位精密度:  $U_H = 2\sigma_H, \quad p = 95\%$ 。

垂直定位精密度:  $U_U = 2\sigma_U, \quad p = 95\%$ 。

i) 计算定位精度 (accuracy):

水平定位精度按公式 (A.14) 计算:

$$M_H = \bar{\Delta}_H + U_H \quad \text{..... (A.14)}$$

垂直定位精度按公式 (A.15) 计算:

$$M_U = |\bar{\Delta}_U| + U_U \quad \text{..... (A.15)}$$

### A.3 排序法

在测试时间足够长、能够获得大样本量定位数据 (例如以 1Hz 更新率采集 24h 的定位数据) 的情况下, 也可以用如下方法处理: 将全部有效定位数据的误差从小到大进行排序, 取位于全部有效样本总量 95% 处的样本点的误差作为定位精度 (95%) 测量结果。



## 附录 B (资料性附录)

### 实际卫星信号下的动态定位精度测试方法

除采用本标准5.4.4.2规定的模拟卫星信号下的动态定位精度测试方法外，也可以根据需要采用本附录的方法，在实际卫星信号下进行测试。

#### 方法一

- a) 把一台安装固定好的工作正常的被测导航单元，以  $25\text{m/s} \pm 1\text{m/s}$  的速度，沿直线运行至少  $1\text{min} \sim 2\text{min}$ ，然后在  $5\text{s}$  内沿同一直线将速度降到  $0$ 。测量被测导航单元指示的静止位置坐标与实际静止位置坐标的误差，水平误差和垂直误差应不超过4.4.2规定的限值。被测导航单元指示的静止位置由其静止后  $10\text{s}$  内  $10$  个连续输出的位置数据求平均值得到。实际静止位置的坐标按如下方法测得：在静止点架设参照接收机，参照接收机的位置测量误差在 X、Y、Z 三个方向上应不超过  $1\text{m}$ 。
- b) 把一台安装固定好的工作正常的被测导航单元，以  $12.5\text{m/s} \pm 0.5\text{m/s}$  的速度，在水平面沿直线运动至少  $100\text{m}$ ，并在运动中相对直线两侧以  $11\text{s} \sim 12\text{s}$  周期均匀偏移  $2\text{m}$ ，保持至少  $2\text{min}$ 。在运动过程中，导航单元应保持卫星信号锁定，其显示的水平位置应在以运动平均方向为中心水平方向总宽度  $24\text{m}$  的范围内，垂直位置应在以运动平均方向为中心垂直方向总宽度  $30\text{m}$  的范围内。

#### 方法二

使用具有 RTK 测量功能的接收机（包括基准站和流动站）获取载体在运动过程中各时刻的标准点坐标，基准站与流动站距离不超过  $5\text{km}$ 。将导航单元所用天线和流动站所用天线安装在运动载体上，两天线的相位中心相距不超过  $0.2\text{m}$ ，载体以方法一中 b) 描述的轨迹运动，在运动全过程中以  $1\text{Hz}$  更新率采集导航单元输出的位置坐标，并与流动站提供的标准点坐标相比较，参照附录 A 的方法计算定位精度。

## 参 考 文 献

- [1] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件 公开服务信号 (2.0 版), 2013
- [2] IEC61108-1:2003 Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Global navigation satellite systems (GNSS) - Part 1: GPS Receiver equipment - Performance standards, methods of testing and required test results
- [3] IEC61108-2:1998 Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Global navigation satellite systems (GNSS) - Part 2: GLONASS Receiver equipment - Performance standards, methods of testing and required test results
- [4] IEC61108-3:2010 Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Global navigation satellite systems (GNSS) - Part 3: Galileo Receiver equipment - Performance standards, methods of testing and required test results
- [5] IEC61108-4:2004 Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Global navigation satellite systems (GNSS) - Part4: Shipborne DGPS and DGLONASS maritime radio beacon receiver equipment - Performance standards, methods of testing and required test results
- [6] NATO STANAG4278 (Edition 3:1995) : METHOD OF EXPRESSING NAVIGATION ACCURACIES
- [7] IS-GPS-200H Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces, 2013
- [8] GLONASS Interface Control Document - Navigational radiosignal In bands L1, L2(Edition 5.1), 2008
- [9] European GNSS (Galileo) Open Service Signal In Space Interface Control Document, Issue1.1, September 2010
-