

**国家计量技术规范**  
**《满天星导航测试系统校准规范》**

**编写说明**

**《满天星导航测试系统校准规范》起草组**

**2023年12月**



# 国家计量技术规范

## 《满天星导航测试系统校准规范》

### 编写说明

#### 一、任务来源

根据市监计量发〔2022〕70号“市场监管总局办公厅关于下达《2022年国家计量技术规范项目制定、修订及宣贯计划》的通知”，由湖南卫导信息科技有限公司和北京市计量检测研究院共同作为主要起草单位，并联合湖南省计量检测研究院组成起草组，负责起草《满天星导航测试系统校准规范》。

#### 二、采纳国际建议说明

查询国际上公开的标准及文献，并没有发现满天星导航测试系统同类相关标准，本规范没有相关国际建议。

#### 三、制定的必要性

满天星导航测试系统通过在微波暗室内模拟导航系统导航卫星播发的不同来向的卫星信号和多台干扰信号源播放的不同来向的干扰信号，用于测试和评估各类多阵元抗干扰导航终端的抗干扰能力。

目前，导航终端测试系统大多是传统的单个收发天线，能覆盖导航终端产品基本的功能、性能测试。而满天星导航测试系统能覆盖更多类型终端的测试，能支持天线阵抗干扰终端产品的测试。国内厂家主要有湖南卫导信息科技有限公司、湖南矩阵电子科技有限公司，国外厂家有思博伦通讯有限公司等。

满天星导航测试系统包括多路输出导航信号源、多台干扰信号源以及

微波暗室、导航天线和干扰天线等，有的系统里面还配置了开关矩阵、天线滑轨等。目前卫星导航信号源、干扰信号源、微波暗室、天线等均已经具备完善的计量方案，其主要性能指标可参考对应的校准规范实施。但是满天星导航测试系统的计量和校准，主要由设备的供应商和用户自行测试，尚没有专门的计量校准规范。多路输出导航信号源仿真的导航信号经过微波暗室无线传播后，功率分辨率，伪距精度、载波相位精度等指标性能不会发生变化，因此不在本标准中考虑。对于满天星导航测试系统，需要计量校准以下指标，原因如下：

- 1) 导航信号功率准确度、导航信号通道间功率偏差、时延一致性(通道间伪距偏差、通道间载波相位偏差)。由于在微波暗室内布设了多个导航天线，不同导航天线到达放置在转台上的被测终端天线口面时，由于链路距离的不同，导致导航信号的功率和时延都会不一致，需要事先标定并校准，以便被测终端天线口面收到的不同来向的所有可见卫星的链路插损和时延都是一样的，而且被测终端天线口面处的导航信号功率和导航信号源仿真设置的功率值是一致的，因此需要对导航信号功率准确度、导航信号通道间功率偏差、通道间伪距偏差、通道间载波相位偏差指标进行计量校准。而且满天星暗室尺寸大，空间链路衰减大，JJF1471 通过通用仪器的方法计量时延的方法不再适用(详见《满天星导航测试系统时延试验报告》)，需要使用已标定内部延迟值的参考接收机的方法对时延一致性进行计量校准)；

- 2) 干扰信号功率范围。满天星暗室里面一般都布设了多个干扰天线，

有的干扰天线还布设在滑轨上,模拟不同干扰来向,用多个干扰源模拟多个来向的干扰,用于测试单干扰和多干扰时的被测终端抗干扰性能,用户关心的是满天星导航测试系统单干扰和多干扰最大能支持多少干信比的测试能力,体现在每个干扰天线在播放干扰信号功率时,在转台转动几何中心处接收到的最大功率和最小功率,也就是此天线对应的干扰信号功率范围指标;

- 3) 干扰信号功率准确度。转台转动几何中心处接收到的干扰信号功率与满天星导航测试系统设置的干扰信号功率值之间的偏差程度,这个直接决定了系统抗干扰能力干信比的准确度,需要遍历不同干扰天线,找出最大的功率偏差;
- 4) 天线切换伪距偏差。满天星工作模式下,随着卫星运动产生的角度变化,满天星导航测试系统辐射可见卫星导航信号的导航天线需要发生更改,卫星导航信号由当前导航天线切换到目标导航天线,同一卫星导航信号在不同天线间切换时是否会引起被测终端伪距跳变和接收机失锁,是用户关心的问题;
- 5) 干扰来向角度偏差。抗干扰终端除了具备自适应调零抑制干扰信号功能之外,还要求具备干扰来向感知功能,可以上报干扰来向,因此需要对满天星导航测试系统中设定的干扰来向和转台转动几何中心处测定的干扰来向之间的偏差进行计量测试;
- 6) 定位一致性(满天星定位偏差、满天星定位精密度偏差、RTK 定位偏差)。上述指标主要是衡量同一导航接收机接收满天星导航测试系统在满天星工作模式(可见导航信号从多个导航天线辐射,模拟

不同来向)播发的卫星信号解算出的定位精度与接收满天星导航测试系统在单天线工作模式下播发的卫星信号解算的定位精度的一致程度。如果满天星导航测试系统的链路功率和时延校准准确,那么在满天星工作模式下和单天线工作模式下的定位一致性指标就不会差。

因此,需要制定满天星导航测试系统专门的计量校准规范,使满天星导航测试系统的溯源更加全面、合理,从而保证其量值溯源的可靠性。

#### 四、主要技术依据及原则

本规范以 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、GB/T 19391-2003《全球定位系统术语及定义》、JJF 1188-2008《无线电计量名词术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性文件,以 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》规定的规则进行编写。本着科学合理,便于操作的原则,根据现有的国家计量技术规范、国标、企业标准和专家意见、建议,以现有的生产技术、校准技术为前提,本着提高生产水平,鼓励进步,淘汰落后,完善满天星导航测试系统的溯源体系。

本规范适用于满天星导航测试系统的校准,在此基础上,结合实际,本规范引用了下列文件:

JJF1403-2013 全球导航卫星系统(GNSS)接收机(时间测量型)校准规范

JJF1471-2014 全球导航卫星系统(GNSS)信号模拟器校准规范

GB/T 19391-2003 全球定位系统术语及定义

GB/T 6379.1-2004 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第一部分: 总则与定义

BD 420002—2015 北斗全球卫星导航系统 (GNSS) 测量型 OEM 板性能要求及测试方法。

## 五、制定的进度情况

从接受起草任务、组成起草组到完成《满天星导航测试系统校准规范》(送审稿), 大致分三个阶段:

### 1、接收起草任务及组成起草组阶段

2023年1月, 组成起草组, 进行调研工作; 对校准规范中涉及到技术工作进行技术跟踪, 网络搜索、相关部门走访、实地考察统计及技术资料收集等调研工作。

### 2、校准方案论证阶段

2023年2月至6月, 调研、试验, 整理试验数据, 确定校准方法。

对该阶段的具体工作进行了部署: 1、调整优化项目组; 2、根据工作目标及进度安排, 责任到人实施该项目。

起草组召开了方案论证会。在原项目任务书的基础上, 确定了规范起草的如下要求:

- 1) 规范的适用范围;
- 2) 被校满天星导航测试系统的计量特性;
- 3) 主要校准项目和校准方法;
- 4) 测量标准及其他设备的技术要求;
- 5) 不确定度评定示例。

### 3、校准规范编制实施阶段

1) 2023年7月, 根据校准规范技术方案完成主要校准项目试验验证及校准方法研究, 起草组讨论并小范围征求意见。

2) 2023年8月, 完成《满天星导航测试系统校准规范》初稿;

3) 2023年9月, 完成《满天星导航测试系统校准规范》初稿意见征求, 并根据反馈意见完成送审稿;

4) 2023年9月19日, 在湖南省长沙市召开满天星导航测试系统校准规范预审会, 参会单位有国家计量院、湖北省计量院、北京市计量源、国家授时中心、重庆计量院、湖南省计量院、北京交通大学、思博伦通讯有限公司等八家。预审会由黄艳老师主审, 与会专家和老师对本规范的引言、引用文件、术语和计量单位、概述、计量特性、校准项目和校准方法、不确定度评定等发表意见和讨论。会上各专家对满天星导航测试系统的天线和低噪放规格提出建议, 并对定位精度作为校准项目进行激烈讨论, 同时规范了测量标准设备和校准方法的阐述和不确定度评定的修改。会后工作组对反馈意见进行整理、讨论, 并依据征求意见稿修改, 同时补充相关实验并完成实验报告。

5) 2023年10月, 完成《满天星导航测试系统校准规范》(送审稿) 预审。

5) 2023年11月, 全国卫星导航应用专用计量测试技术委员会对《满天星导航测试系统校准规范》(送审稿) 进行审定。

## 六、规范起草的要点及说明

### 1、适用范围



适用于满天星导航测试系统的校准。

## 2、概述

满天星导航测试系统通过在微波暗室内模拟导航系统导航卫星播发的不同来向的卫星信号和多台干扰源播放不同来向的干扰信号，用于测试和评估各类多阵元抗干扰导航终端的抗干扰能力。

## 3、计量特性

### 3.1 功率控制

导航信号功率准确度：(0.5 ~ 2) dB；

导航信号通道间功率偏差：(0.5 ~ 2) dB；

干扰信号功率范围：(-100 ~ -5) dBm；

干扰信号功率准确度：(0.5 ~ 2) dB。

### 3.2 时延一致性

通道间伪距偏差：(0.1 ~ 0.3) m；

通道间载波相位偏差：(3.6 ~ 7.2)° ；

天线切换伪距偏差：≤0.6 m；

### 3.3 角度控制

干扰来向角度偏差：1° ~ 5° 。

### 3.4 定位一致性

满天星定位偏差：≤2 m；

满天星定位精密度偏差(2σ)：≤2 m；

RTK 定位偏差：≤3 cm。

## 4、测量标准及其他设备

### 4.1 功率计

频率范围：50 MHz ~ 3.6 GHz;

功率范围：-70 dBm ~ 20 dBm;

最小分辨力：0.01 dB;

最大允许误差：± 0.03 dB。

### 4.2 参考 GNSS 接收机（时间测量型）

伪距测量误差：≤ 6 cm;

载波相位测量误差：≤ 1.3 mm;

内部噪声指标优于被校仪器 3 倍以上，天线相位中心稳定性指标优于被校仪器 3 倍以上，内部延迟已校准。

### 4.3 参考 GNSS 导航接收机

支持接收 GNSS 卫星导航信号，可单频点定位解算;

定位偏差：≤ 2 m;

定位精密度 ( $2\sigma$ ): ≤ 2 m;

RTK 定位偏差：≤ 0.6 cm;

重复（模拟测试）：载噪比 ≤ 0.2 dB，定位偏差 ≤ 0.5 m，定位精密度 ≤ 0.5 m。

### 4.4 频谱分析仪

频率范围：20 Hz ~ 3.6 GHz;

功率范围：-120 dBm ~ 30 dBm，最大允许误差 ± 2 dB;

-30 dBm ~ 0 dBm，最大允许误差 ± 0.5 dB。

#### 4.5 低噪声放大器

适用频段要求：(1~3) GHz

增益：30 dB ~ 40 dB;

噪声系数：< 2 ;

#### 4.6 接收天线

适用频段要求：(1~3) GHz

天线类型：右旋圆极化

相位中心（仰角  $\geq 30^\circ$ ）：  $\leq 3$  mm;

天线法向增益  $\geq 2$  dB。

#### 4.7 电子倾角仪

角度测量范围：  $-90^\circ \sim +90^\circ$  ;

最大允许误差：  $0.1^\circ$  。

### 5、校准项目和校准方法

序号	校准项目名称	条款
1.	外观及工作正常性检查	7.2.1
2.	功率控制	7.2.2
3.	时延一致性	7.2.3
4.	角度控制	7.2.4
5.	定位一致性	7.2.5

## 七、征求意见情况

2023年8月向6个单位有关专家发出征求意见稿，其中6个单位给出意见或建议，0个单位无意见或建议。共收到意见或建议66条，采纳或部分采纳50条，不采纳16条。

编写组对合理的意见或建议予以采纳并遵照专家意见进行了认真修

改，对不采纳的条款均做出了相应说明。

## 八、验证情况和结果

为验证《满天星导航测试系统校准规范》中所规定校准项目以及校准方法正确性和可行性，起草组选择国防科技大学、湖南卫导信息科技有限公司和湖南矩阵电子科技有限公司承建的的满天星导航测试系统作为实验对象，验证了全部校准项目，并编制了实验报告。验证实验结果表明：规范规定的校准项目和技术要求合理，校准方法正确、可操作。

## 九、参考资料

JJF1403-2013 全球导航卫星系统(GNSS)接收机（时间测量型）校准规范

JJF1471-2014 全球导航卫星系统(GNSS)信号模拟器校准规范

JJF 1922 GNSS 导航信号采集回放仪校准规范

GB/T 19391-2003 全球定位系统术语及定义

GB/T 6379.1-2004 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第一部分：总则与定义

BD 420002—2015 北斗全球卫星导航系统（GNSS）测量型 OEM 板性能要求及测试方法。

本规范调研、制订及征求意见的过程中，得到了相关领导和专家的支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

《满天星导航测试系统校准规范》起草组

2023年10月19日