

中华人民共和国国家计量校准规范

---

## 连续运行 GNSS 接收机校准规范

(编写说明)

归口单位：全国地震专用计量测试技术委员会

主要起草单位：中国地震局第一监测中心

中国测绘科学研究院

参加起草单位：中国地震台网中心

湖北省地震局

# 目 录

一、任务来源.....	1
二、编写目的和意义.....	1
三、调研情况.....	1
四、编写过程.....	2
五、编写依据和采纳国际建议说明.....	3
六、主要技术内容说明.....	3
七、验证试验情况.....	6

## 一、任务来源

根据《国家市场监督管理总局办公厅关于下达 2021 年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划》的通知（市监计量发〔2021〕50 号），中国地震局第一监测中心和中国测绘科学研究院作为主要起草单位，中国地震台网中心和湖北省地震局作为参加单位申报的《连续运行 GNSS 接收机校准规范》获批立项。本规范归口于全国地震专用计量测试技术委员会，并负责解释。本规范为首次制定。

## 二、编写目的和意义

全球导航卫星系统（GNSS）观测技术经过 30 多年的发展已经成为大地测量的基本观测技术手段，观测方式也从早期的流动观测发展为密集的基准站连续观测。我国自 1997 年国家重大科学工程中国地壳运动观测网建设首批 27 个 GNSS 基准站，2007 年国家重大科技基础设施陆态网络建设 260 个基准站，构成了中国大陆核心基准站网络，目前地震系统建设的基准站近 500 站。连续运行 GNSS 接收机已广泛应用于精密大地测量、工程测量和其他高精度定位等领域，据统计，目前 GNSS 基准站的数量超 4 万个，其中以大地测量为目的的基准站近 5000 个，随着北斗系统的深入应用，GNSS 基准站仍在快速增加，一个测站多个观测墩、多台接收机同时观测的情况也不断增多。

国际国内相关 GNSS 接收机检定/校准规范，大多数是按照将被检仪器送至计量技术机构的溯源方式制定了测试项目和方法，缺少针对连续观测中的接收机的性能进行评价的计量技术规范。这就导致基准站的 GNSS 接收机在安装后，不再开展溯源工作，无法对连续运行的 GNSS 接收机性能做出客观评价，从而无法保证观测数据的准备可靠。

为了客观评价用于基准站的连续运行 GNSS 接收机的性能和数据准确可靠，制定该规范。

## 三、调研情况

在本规范编写前，起草组对连续运行 GNSS 接收机相关的国家标准、行业标准、北斗标准和计量技术规范进行了调研。

规范各起草单位均开展过大量的 GNSS 接收机，针对不同厂家、不同型号的接收机拥有丰富的测试数据。

在标准和规范方面，调研了 JJG 1200—2023 全球导航卫星系统（GNSS）

接收机（测地型和导航型）、GB/T 19391—2003 全球定位系统（GPS）术语及定义、GB/T 39399—2020 北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范、GB/T 39267-2020 北斗卫星导航术语、DB/T 97—2024 地震观测数据质量评价规范全球导航卫星系统观测、BD 420022-2019 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）测量型接收机观测数据质量评估方法、ISBN 978-7-5111-1554-6 地壳运动监测技术规程等计量技术文件。

在国际标准方面，主要包括国际电工委员会(IEC)发布的 IEC 61967 系列标准、国际标准化组织(ISO)的 ISO 17568 标准以及国际海事无线电技术委员会(RTCM)的标准协议。区域标准包括欧洲电信标准化协会(ETSI)的 EN 303 413 标准和中国国家标准的 GB/T 18214 系列标准。在专业应用领域，航空无线电技术委员会(RTCA)的 DO-229D 标准规定了航空电子设备的 GPS 要求，国际海事组织(IMO)对航海导航设备制定了相应的性能标准。

#### 四、编写过程

1、编写原则：在充分调研的基础上，确定连续运行 GNSS 接收机的计量特性、校准条件、校准项目和校准方法等。规范中的校准方法通过试验验证，力求方法科学准确可靠。规范中的文字表述力求层次分明，语句简明，公式表达准确。

2、编写阶段工作情况：中国地震局第一监测中心建有大地测量实验室，自 2015 年以来开展了近数千台套，涵盖市面上各种型号 GNSS 接收的检定/校准工作，积累了丰富的测试经验和数据。另外，中国测绘科学研究院和湖北省地震局也开展了丰富的 GNSS 接收机测试计量工作，中国地震台网中心作为路态网络建设和运维单位，以及地震系统 GNSS 学科组所在单位，对连续运行 GNSS 接收机性能评价非常熟悉。

在仅支持北斗接收机测试方法研究方面，一测中心开展了大量测试工作，为相关测试方法的制定奠定了基础。2024 年 7 月，一测中心北斗产品检测机构获得工信部批复，成为全国 14 家具有北斗产品检测资质的机构之一。在仅支持北斗产品测试方法研究方面，依托北斗检测实验室，完成北斗接收机检测方法验证与对比测试，开展北斗观测数据质量评估分析，完成 9 个型号高精度北斗接收机和 2 个型号北斗 RTK 接收机的测试。

2022 年 1 月~6 月，开展现行计量技术规范、接收机及其生产厂家、使用单

位（台站）、计量测试机构调研。

2022 年 7 月~12 月，研制等距基线臂装置，在唐山计量检测场开展试验。

2023 年 1 月~12 月，完善解算软件，在天津市地震局相关台站开展试点试验。  
编制规范初稿。

2024 年 1 月~6 月，改进等距基线臂装置，在一测中心楼顶开展大量验证实验。开展仅支持北斗接收机测试方法相关实验。

2024 年 7 月~11 月，编写组内部对规范初稿进行了多次讨论和修改。

2024 年 12 月，规范由地震计量委进行了预审。

2025 年 1 月~10 月，根据预审会专家意见增加了数据质量项目和 1PPS 稳定度项目，并开展相关验证实验，按专家修改后最终形成了征求意见稿。

## 五、编写依据和采纳国际建议说明

通过在国家计量技术规范全文公开系统（试运行）、国家标准信息公共服务平台、国际计量局（BIPM）、国际法制计量组织（OIML）等网站检索、查询的方式进行国家计量技术法规、国家标准、行业标准、国际建议、国际文件、国际标准调研。根据编写过程中依据和采纳国际建议的情况，选用引用文件（见第七部分）。

需要说明的是，本规范中仅支持北斗模式的查验方法参考了 CEPREI-WI-377-DM 单北斗芯片技术要求和测试方法，该规范目前尚未正式发布。一测中心大地测量实验室作为首批获工信部北斗检测实验室资格的实验室，一直依据此规范开展相关查验工作。

## 六、主要技术内容说明

本校准规范的编写结合了对仪器实际使用情况的调研和经验积累，充分考虑了仪器的工作原理、使用环境、任务需求，同时兼顾方法的科学性、权威性、特殊性和实用性原则。本规范主要技术内容包括：范围、引用文件、术语、概述、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果表达、复校时间间隔，并在附录中规定了计算多路径误差的双频组合、天线相位中心偏差的计算方法、校准记录表参考格式、校准证书内页参考格式、天线相位中心偏差校准结果测量不确定度评定。

### 1、范围

本规范适用于连续运行GNSS接收机的校准，包括仅支持北斗模式的接收机的校准。

## 2、引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 1200—2023 全球导航卫星系统（GNSS）接收机（测地型和导航型）

JJF 1214—2008 长度基线场校准规范

GB/T 19391—2003 全球定位系统（GPS）术语及定义

GB/T 39399—2020 北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范

GB/T 39267-2020 北斗卫星导航术语

DB/T 97—2024 地震观测数据质量评价规范全球导航卫星系统观测

BD 420022-2019 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）测量型接收机观测数据质量评估方法

ISBN 978-7-5111-1554-6 地壳运动监测技术规程

CEPREI-WI-377-DM 单北斗芯片技术要求和测试方法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 3、术语

本章对连续运行 GNSS 接收机校准的相关名词术语进行了定义，包括零基线、静态测量、几何相位中心参考点、天线相位中心等，以帮助读者更好地理解规范内容。

## 4、概述

本章介绍了连续运行 GNSS 接收机的类型、用途和测量原理（具体见正文），为规范的起草提供了原理性支撑。

## 5、计量特性

本章在兼顾连续运行 GNSS 接收机的实际应用需求、特别是连续运行不宜搬动的特殊要求和通用 GNSS 接收机基本计量特性的基础上，规定了连续运行 GNSS 接收机计量特性包括零基线误差、天线相位中心偏差、静态测量基线误差、长基线测量重复率、1PPS 稳定度，以及仅支持北斗模式查验和数据质量这两个检查项目。

表 1 计量特性

检查项目/计量特性		技术指标
仅支持北斗模式查验		通过卫星信号模拟器仅播发北斗信号，检验终端能否独立完成定位
数据质量	数据完整率	85%
	数据有效率	85%
	周跳比值	$\leq 10$
	多路径误差	0.5 m
	伪距噪声	15 cm
	载波相位噪声	2 mm
内部噪声水平		$\leq 1.0$ mm
天线相位中心偏差		$\leq 1.0$ mm
静态测量基线误差		静态基线水平测量误差绝对值不大于 2 倍接收机静态测量水平方向标准偏差
长基线测量重复率		300 km 以内基线边长重复率应不超过 3.0 mm，300 km 以上基线边长重复率应优于 $1 \times 10^{-8}$
1PPS 稳定度		$< 50$ ns

## 6、校准条件

(1) 本章明确了校准环境条件，即 a) 温度：接收机的校准在常温下进行；b) 校准场地的各个观测点应位于周围无电磁信号干扰，选择最佳卫星通视观测环境，且观测场周边不得有高度大于  $10^\circ$  的遮蔽物和多路径反射物，截止高度角设置为零，采样间隔 30 s。数据质量评价；c) 校准应选取在可接收卫星数目不少于 6 颗，卫星的位置精度因子 PDOP 不大于 3 的情况下进行。

以上环境条件是通过大量的测试经验、仪器使用单位调研结果总结而来。

(2) 本章规定了测量标准及其他设备：测量设备和配套设备见表 2。

表 2 测量标准和配套设备

序号	设备名称	技术要求		用途
1	基线场	超短基线	长度：0.2 m~24 m； 测量标准差：<1 mm	提供标准场地，比较法校准基线时的参考标准
		短基线	长度：24 m~2000 m； 测量标准差：< $(1+1 \times 10^{-6}D)$ mm	
		中基线	长度：2000m~30000 m； 测量标准差：< $(3+0.5 \times 10^{-7}D)$ mm	

		长基线	长度：>30000m； 测量标准差：<（3+0.5×10 <sup>-7</sup> D）mm	
		D 为基线长度，km		
2	功率分配器	有两个以上输出端； 工作频率范围：1100 MHz～1800 MHz； 信号功率均匀分配，相位差：<2°		校准内部噪声水平
3	铷原子钟	输出频率：支持 10 MHz 信号； 1 s 频率稳定度：优于 5×10 <sup>-11</sup> ； 频率准确度：优于 2×10 <sup>-10</sup>		校 准 1PPS 稳定度
4	通用计数器	测量范围：10 ns～10 s； 1 s 频率稳定度：10 <sup>-8</sup> ； 有效分辨力：≤10 ns		
5	GNSS 信号 模拟器	伪距分辨力：≤1 m； 内部通道延迟：≤15 ns		
6	等距基线臂 装置	基线臂长度：0.4 m； 臂长测量误差：≤0.1 mm； 参考天线高差：≤0.5 mm		校准连续运行接收机天线相位中心偏差

## 7、校准项目和校准方法

本章明确了检查和校准项目。连续运行 GNSS 接收机的检查项目为仅支持北斗模式查验和数据质量；校准项目为内部噪声水平、天线相位中心偏差、静态测量基线误差、长基线测量重复率和 1PPS 稳定度。

具体检查和校准项目的要求和方法请参见规范正文，在此不再赘述。

## 8、校准结果表达

在正文的附录中提供了计算多路径误差的双频组合、天线相位中心偏差的计算方法、校准记录表参考格式、校准证书内页参考格式、天线相位中心偏差校准结果测量不确定度评定示例，仅供参考。

## 9、复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由 GNSS 接收机的使用环境、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔不超过 3 年。

## 七、验证试验情况

按本规范的计量特性、校准项目和校准方法等进行试验（详见试验报告）。通过试验，证实了连续运行 GNSS 接收机校准规范中所描述的计量特性、对校准设备的要求、采用的校准方法是正确可行的。