

**湖南省地方计量技术规范**

JJF（湘）xx－xxxx

**卫星导航远程位移测量系统**

Satellite Navigation Remote Displacement Measurement System

xxxx－xx－xx发布xxxx－xx－xx实施

湖南省市场监督管理局发布

卫星导航远程位移测量系统

JJF（湘）xx－xxxx

校 准 规 范

Calibration Specification for

Satellite Navigation Remote Displacement Measurement System

本规范经湖南省市场监督管理局于xxxx年xx月xx日批准，并自xxxx年xx月xx日起施行。

**归口单位：**湖南省市场监督管理局

**主要起草单位**：湖南省计量检测研究院

**参加起草单位**：长沙金码测控科技股份有限公司

本规范委托湖南省计量检测研究院负责解释。

**本规范主要起草人：**

李 婷（湖南省计量检测研究院）

**参加起草人：**

目录

[引言 V](#_Toc180675317)

[1 范围 1](#_Toc180675318)

[2 引用文件 1](#_Toc180675319)

[3 术语和定义 1](#_Toc180675320)

[3.1卫星导航远程位移测量系统（Satellite Navigation Remote Displacement Measurement System） 1](#_Toc180675321)

[3.2位移测量校准装置（Horizontal elevation displacement measurement standard device） 1](#_Toc180675322)

[3.3位移测量误差（Displacement measurement error ） 1](#_Toc180675323)

[3.4动态位移测量误差（Dynamic displacement measurement error） 2](#_Toc180675324)

[3.5静态位移测量误差（Static displacement measurement error） 2](#_Toc180675325)

[4 概述 2](#_Toc180675326)

[5 计量特性 2](#_Toc180675327)

[5.1位移测量误差 3](#_Toc180675328)

[5.2测量重复性 3](#_Toc180675329)

[6校准条件 3](#_Toc180675330)

[6.1 校准温度 3](#_Toc180675331)

[6.2校准项目和校准设备 3](#_Toc180675332)

[7 校准方法 4](#_Toc180675333)

[7.1位移测量误差 4](#_Toc180675334)

[7.2重复性 7](#_Toc180675335)

[7.3 示值稳定性 7](#_Toc180675336)

[8 校准结果表达 7](#_Toc180675337)

[9 复校时间间隔 7](#_Toc180675338)

[附录A 8](#_Toc180675339)

[附录B 8](#_Toc180675340)

引言

本规范以JJF 1001《通用计量名词术语与定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》、JJF1071《国家计量校准规范编写规则》为基础性系列规范进行制定。

本规范为首次制定。

卫星导航远程位移测量系统校准规范

1 范围

本规范适用于卫星导航远程位移测量系统的校准，其它远程位移测量系统可参考本规范。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

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

JJG（测绘）2301-2013全球导航卫星系统测量型接收机RTK

GB∕T 39787-2021 北斗卫星导航系统坐标系

BD420009-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）测量型接收机通用规范

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 术语和定义

## 3.1卫星导航远程位移测量系统（Satellite Navigation Remote Displacement Measurement System）

由两个或多个卫星导航接收机组成，可以对监测点的水平位移和高程位移情况进行全天候、无人值守监控的自动化位置测量系统。

## 3.2位移测量校准装置（Horizontal elevation displacement measurement standard device）

 可以在水平方向和高程方向上移动的位移测量校准装置。

## 3.3位移测量误差（Displacement measurement error ）

**卫星导航远程位移测量系统测得位移值与校准装置实际位移值**之差为**卫星导航远程位移测量系统位移测量误差**。

## 3.4动态位移测量误差（Dynamic displacement measurement error）

定位坐标解算时间在30s内，测得的位移测量误差为动态位移测量误差。

## 3.5静态位移测量误差（Static displacement measurement error）

定位坐标解算时间不少于30min，测得的位移测量误差为静态位移测量误差，由于不同解算时间内所测静态位移值不同，本规范中规定静态位移测量时结算时间为30min。

4 概述

卫星导航远程位移测量系统通过一个或多个接收机来定位，以两台卫星导航接收机为例，一台基准站，一台测量站接收机在监测点观测卫星数据，基准站通过数据链路把接收的载波相位信号（或载波相位差分改正信号）和已知固定坐标发射出去，接收机在接收卫星导航卫星信号的同时也通过数据链路接收基准站的载波相位信号，软件通过两个信号实现差分计算，得到接收机空间位置坐标信息，可以解算出监测点的位移变化量，其原理如图 1所示：



图1卫星导航远程位移测量系统定位原理示意图

5 计量特性

卫星导航远程位移系统所使用的卫星导航接收机应满足JJG 1200-2023全球导航卫星系统(GNSS)接收机(测地型和导航型)要求。

卫星导航远程位移系统的主要计量特性有：位移测量误差，重复性误差。

## 5.1位移测量误差

单个或多个接收机组成的卫星导航远程位移系统，监测动态位移变化量的水平误差应不大于±15mm，垂直误差应不大于±20mm。

在不少于30min时间监测得到的静态位移变化量的水平误差应不大于±10mm，垂直误差应不大于±15mm。

## 5.2测量重复性

卫星导航远程动态位移系统测量测量重复性误差应不大于6mm。

6校准条件

## 6.1 校准环境

校准应在接收机标称的工作环境下开展，同时应避开极端天气和电磁信号干扰。

## 6.2校准项目和校准设备

推荐使用表2所列的计量校准装置或标准器具，允许使用满足不确定度要求的其他计量标准设备进行校准，计量标准设备的扩展不确定度应不超过被校准设备最大允许误差绝对值的1/3。

表2校准项目和校准用标准器

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 设备名称及技术要求 |
| 1 | 位移测量误差， | 位移测量校准装置，测量范围：-500mm～+500mm，MPE:±0.5mm；测量场地\* |
| 2 | 重复性误差 | 位移测量校准装置 |
| 3 | 稳定性 | 位移测量校准装置 |
| 注：测量场地应选择在地质构造稳定、有利于长期保存、交通便利的地方建设；测量场地的各个观测点应位于周围无显著电磁信号干扰，点位周围环视高度角10 °以上无障碍物的地方。 |

7 校准方法

校准前，通电检视及野外检定应确保电源电压满足接收机及数据链设备正常工作的要求，开机启动后确保被测接收机至少接收8颗截止高度角不大于10°的卫星。

## 7.1位移测量误差

架设好基准站并设置其各项参数（包括基准站坐标、天线高、电台频率、数据传输通道等），将位移测量校准装置安置在测量场地观测点上，被测的测量站接收机（后文简称为被测接收机）放置在位移测量校准装置初始位置，启动被测接收机并完成设置与初始化，待该测量站接收机取得定位坐标后开始记录初始坐标；将被测接收机移至新的测量位置，记录新的定位坐标，解算出被测接收机的位移量，计算出被测接收机位移量与位移测量校准装置实际位移值之差即卫星导航远程位移测量系统位移测量误差。

7.1.1动态位移测量误差

7.1.1.1水平方向上的动态位移测量示值误差

分别对卫星导航远程动态位移系统中的m台被测接收机依次进行测量，安装位移测量校准装置使校准装置水平方向对应被测接收机水平方向，把第i台被测接收机放置在初始位置，根据实际使用情况在（0~500）mm范围内选取n个位置进行测量，同步解算被测接收机在第j个测量位置时水平方向上的位移量，测得第i台被测接收机在第j个测量位置时在水平方向上的动态位移测量误差$δ\_{水平j}$：

$$l\_{水平j}=\sqrt{（x\_{j}-x\_{0}）^{2}+（y\_{j}-y\_{0}）^{2}}$$

$δ\_{水平j}=l\_{水平j}-L\_{水平j}$,

（1）

式（1）中：

$l\_{水平j}$——被测接收机水平方向上第j点位置相对初始位置测得的位移量，mm；

$L\_{水平j}$——位移测量校准装置在第j点位置相对初始位置在水平方向上的位移量，mm；

$x\_{j}、y\_{j}$——被测接收机在位移测量校准装置上第j个测量位置的坐标分量，mm；

$x\_{0}、y\_{0}$——接收机放置在位移测量校准装置的初始位置时的坐标分量，mm；

$δ\_{水平j}$——被测接收机在水平方向上第j个测量位置测得的动态位移测量误差，mm。

取第i台被测接收机在水平方向*n*个位置上测得的动态位移测量误差最大值作为第i台被测接收机的水平方向上的动态位移测量误差$∆\_{水平i}$，计算公式如下：

$$∆\_{水平i}=MAX（δ\_{水平1}，…，δ\_{水平j}，…，δ\_{水平n}）$$

（2）

式（2）中：

$∆\_{水平}$——第i台被测接收机在水平方向上测得的动态位移测量示值误差，mm；

$δ\_{水平1}，…，δ\_{水平j}，…，δ\_{水平n}$——被测接收机在第1个被测位置，…，第j个被测位置，…，第n个被测位置上测得的高程方向上的动态位移测量误差，mm。

取m台接收机中最大动态位移测量误差值为卫星导航远程位移系统的动态位移测量误差值。

$$∆\_{水平}=MAX(∆\_{水平1}，…，∆\_{水平i}，…，∆\_{水平m})$$

（3）

式（3）中：

$∆\_{水平}$——卫星导航远程位移系统在水平方向上的动态位移测量误差，mm

$∆\_{水平1}，…，∆\_{水平i}，…，∆\_{水平m}$——第1台被测接收机，…，第i台被测接收机，…，第m台被测接收机在水平方向上的动态位移测量误差，mm

7.1.1.2高程方向上的动态位移测量示值误差

对卫星导航远程动态位移系统中的m台被测接收机进行测量,安装位移测量校准装置，使校准装置高程方向对应被测接收机高程方向，把第*i*台被测接收机放置在位移测量校准装置初始位置，根据实际使用情况在(0~500)mm范围内选取n个位置进行测量，同步解算接收机在高程方向上的位移量，测得的位移量与位移测量校准装置实际高程位移值之差为该点在高程方向上的动态位移测量误差：

$$l\_{高程j}=z\_{j}-z\_{0}$$

$$δ\_{高程j}=l\_{高程j}-L\_{高程j}$$

 （4）

式（4）中：

$l\_{高程j}$——被测接收机在第j点测量位置相对初始位置在高程方向上测得的位移量，mm；

$z\_{j}$——被测接收机在位移测量校准装置上第j个测量位置的高程方向上的坐标分量，mm；

$z\_{0}$——被测接收机放置在位移测量校准装置的初始位置时的高程方向上的坐标分量，mm；

$δ\_{高程j}$——第i台被测接收机在第j个测量位置测得的高程方向上的动态位移测量示值误差；

$L\_{高程j}$——位移测量校准装置在第j点位置相对初始位置在高程方向上的位移量，mm。

取第i台被测接收机在高程方向*n*个位置上测得的动态位移测量误差最大值作为第i台被测接收机的高程方向上的动态位移测量误差$∆\_{高程i}$，计算公式如下：

$$∆\_{高程i}=MAX（δ\_{高程1}，…，δ\_{高程j}，…，δ\_{高程n}）$$

 （5）

式（5）中：

$∆\_{高程i}$——第i台被测接收机在高程方向上测得的动态位移测量示值误差，mm；

$δ\_{高程1}，…，δ\_{高程j}，…，δ\_{高程n}$——被测接收机在第1个被测位置，…，第j个被测位置，…，第n个被测位置上测得的高程方向上的动态位移测量误差，mm。

取m台被测接收机中最大动态位移测量误差值为卫星导航远程位移系统的动态位移测量误差值$∆\_{高程}$。

$$∆\_{高程}=MAX（∆\_{高程1}，…∆\_{高程i}…，∆\_{高程m}）$$

 （6）

式（6）中：

$∆\_{高程}$——卫星导航远程位移系统在高程方向上的动态位移测量误差，mm

$∆\_{高程1}，…∆\_{高程j}…，∆\_{高程m}$——第1台被测接收机，…，第j台被测接收机，…，第m台被测接收机在高程方向上的动态位移测量误差，mm。

7.1.2静态位移测量误差

参照7.1.1的校准方法，在不少于30min时间解算出被测接收机在测量位置时相对初始位置在水平、高程方向上的位移量，用与7.1.1相同的计算方式计算出被测接收机的静态位移测量误差，取m台被测接收机中测得最大静态位移测量误差为卫星导航远程位移系统的静态位移测量误差。

## 7.2重复性

测量不少于3次动态位移测量误差，用极差法计算得出测量重复性。

8 校准结果表达

经校准的卫星导航位移测量系统出具校准证书。校准结果的原始记录格式和不确定度评定示例见附录A和附录B。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定，因此送检单位可根据实际使用情况决定复校时间间隔。

附录A

原始记录格式

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 送检单位 |  | 温度 | ℃ |
| 生产厂家 |  | 湿度 | %RH |
| 检测依据 |  |
| 型 号 |  | 编 号 |  | 检测地点 |  |
| 基准站接收机天线编号接收机1：型号编号天线型号天线编号、接收机2：型号编号天线型号天线编号、接收机3：型号编号天线型号天线编号 |
| 接收机编号：  |
| 1、**测量重复性** |  |
| 2、**位移测量误差：** |
| 接收机编号 | 标准位移值（mm） | 动态位移实测值（mm） | 动态位移测量误差（mm） | 静态位移实测值（mm） | 静态位移测量误差（mm） |
| 1 | 水平 | $$L\_{水平1}$$ |  | $$l\_{水平1}$$ |  |  | $$l´\_{水平1}$$ |  |  |
| $$L\_{水平2}$$ |  | $$l\_{水平2}$$ |  |  | $$l´\_{水平2}$$ |  |  |
| $$L\_{水平3}$$ |  | $$l\_{水平3}$$ |  |  | $$l´\_{水平3}$$ |  |  |
| 水平位移测量误差 | $$∆\_{水平1}$$ |  | $$∆´\_{水平1}$$ |  |
| 高程 | $$L\_{高程1}$$ |  | $$l\_{高程1}$$ |  |  | $$l´\_{高程1}$$ |  |  |
| $$L\_{高程2}$$ |  | $$l\_{高程2}$$ |  |  | $$l´\_{高程2}$$ |  |  |
| $$L\_{高程3}$$ |  | $$l\_{高程3}$$ |  |  | $$l´\_{高程3}$$ |  |  |
| 高程位移测量误差 | $$∆\_{高程1}$$ |  | $$∆´\_{高程1}$$ |  |
| 2 | 水平 | $$L\_{水平1}$$ |  | $$l\_{水平1}$$ |  |  | $$l´\_{水平1}$$ |  |  |
| $$L\_{水平2}$$ |  | $$l\_{水平2}$$ |  |  | $$l´\_{水平2}$$ |  |  |
| $$L\_{水平3}$$ |  | $$l\_{水平3}$$ |  |  | $$l´\_{水平3}$$ |  |  |
| 水平位移测量误差 | $$∆\_{水平1}$$ |  | $$∆´\_{水平1}$$ |  |
| 高程 | $$L\_{高程1}$$ |  | $$l\_{高程1}$$ |  |  | $$l´\_{高程1}$$ |  |  |
| $$L\_{高程2}$$ |  | $$l\_{高程2}$$ |  |  | $$l´\_{高程2}$$ |  |  |
| $$L\_{高程3}$$ |  | $$l\_{高程3}$$ |  |  | $$l´\_{高程3}$$ |  |  |
| 高程位移测量误差 | $$∆\_{高程2}$$ |  | $$∆´\_{高程2}$$ |  |
| …… |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 静态位移测量误差（mm） | 水平 |  | 高程 |  |
| 动态位移测量误差（mm） | 水平 |  | 高程 |  |
| 校准员 |  | 核验员 |  | 日期 |  |

附录B

卫星导航远程位移测量系统位移测量结果的不确定度评定

B.1接收机位移测量误差通过和位移测量校准装置实际位移量比对测试予以确定

B.1.1 测量方法

将接收机安置在检验场地观测点上的位移测量校准装置，待该接收机得到定位结果后开始记录或者输出的坐标数据采样间隔不大于30s，记录单点定位坐标，移动位移测量校准装置，采样间隔不大于30s记录新的单点定位坐标，解算出位移量。测量位移量与位移测量校准装置实际位移值之差作为校准结果。

B.1.2 测量模型

△*d*=*D*－*d* （1）

式中：△*d*——位移测量误差，mm；

*D*——接收机解算位移值，mm；

*d*——位移测量校准装置实际移动位移值，mm。

B.1.3 方差及灵敏系数

 因（1）式中各输入量没有需要考虑的相关性，忽略高阶项，则输出量的合成方差为：

 （2）

上式中：





B.1.4 不确定度来源

不确定度来源包括：

a) 由校准装置引入的标准不确定度分量；

b) 由接收机定位误差引入的标准不确定分量；

c) 由接收机分辨力引入的标准不确定度分量；

d) 由测量站接收机与基准站接收机距离引入的标准不确定分量；

B.1.5 影响量（输入量）的标准不确定度评定

B.1.5.1由校准装置引入的标准不确定度分量

位移测量校准装置最大允许误差为±0.5mm，按均匀分布，由该校准装置引入的测量不确定度为：

0.28mm；

B.1.5.2 由接收机定位误差引入的标准不确定分量

接收机动态定位误差引入的标准不确定分量根据按BD420009-2015要求，接收机进行静态水平基线测量时，在接收机进行静态位移测量时，接收机移动距离D < 10000mm时，按接收机定位水平方向最大允许误差±（5+1×D)，垂直最大允许误差为±（10+1×D)，按正态分布变化：

水平方向上 = a/3 =5.01/3 = 1.67mm；

垂直方向上， = a/3 = 10.01/3 = 3.34mm。

B.1.5.3由接收机分辨力引入的标准不确定度分量

 接收机分辨力为1mm，故：



B.1.5.4由测量站接收机与基准站接收机距离引入的标准不确定分量；

 本文中实验时，接收机与基准站距离1000mm，因此由于被测接收机与基准站接收机距离引入的标准不确定分量可以忽略不计，当距离较远时，该项不确定分量不可忽略，此处：



B.1.6 标准不确定度一览表

标准不确定度一览表见表B.1。

表B.1 （10～100）m工作尺带示值误差测量的标准不确定度一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度值 | 灵敏系数 |
|  | 由校准装置引入的标准不确定度分量 | 1.00 | 1 |
|  | 由接收机安置误差引入的标准不确定分量 | 水平：1.67垂直：3.34 | 1 |
|  | 由接收机分辨力引入的标准不确定度分量 | 0.29 | 1 |
|  | 由接收机与基准站接收机距离引入的标准不确定分量 | 0 | 1 |

B.1.7合成标准不确定度的评定

根据

=1.97mm;

=3.50mm。

B.1.8 扩展不确定度的评定

当置信概率*p*=95%，取 *k*= 2，则扩展不确定度：

*U*=*k*×*u*c

水平方向： =2×1.97≈4mm;

垂直方向： =2×3.50=7mm。