

ICS 号
中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/GLAC XXXXX.6-2021

室内定位系统：第 6 部分 室内伪卫星定位数据完好性检测方法

Autonomous integrity detection method for indoor positioning receiver

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国卫星导航定位协会 发布

目 次

前 言.....	3
引 言.....	4
1 范围.....	5
2 规范性引用文件.....	5
3 术语和定义、缩略语.....	5
3.1 术语和定义.....	5
3.2 缩略语.....	7
4 评估项目.....	7
5 评估流程.....	8
5.1 接收机观测数据各单项评估指标的质量评估流程为：	8
5.2 评估场景.....	8
5.2.1 静态场景.....	8
5.2.2 动态场景.....	9
6 评估方法.....	9
6.1 周跳检测.....	9
6.2 丢星与重捕.....	10
6.3 PDOP 可用性.....	11
6.4 数据的完整性.....	11
6.5 伪卫星载波相位噪声.....	12
6.6 伪卫星伪距噪声.....	12
6.7 告警.....	13
附录 A.....	14
1 伪卫星载波相位噪声计算：	14
2 伪卫星伪距噪声计算：	14
参考文献.....	16

前 言

本文件按照 GB/T 1.1《标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规划》给出的规定起草。

本文件属于室内定位数据完好性检测领域，主要用于规范针对室内定位质量、室内位置服务完好性测试评估技术。对照国内外已有相关标准，本文件与 BD 420022 “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”国际标准的区别是，本文件更注重对室内场景的考虑，增加了载波相位检测方法、丰富了原有国际标准的场景定位；本文件尚无与之相应的国内标准。

本文件由中国卫星导航定位协会归口。

本文件起草单位：北京大学信息科学技术学院通信与卫星导航实验室、和芯星通科技（北京）有限公司、中国电子科技集团公司第五十四研究所、卫星导航系统与装备技术国家重点实验室。

本文件主要起草人：赵鑫洋、祝瑞辉、蔚保国、李隽

本文件可替代的国际标准 BD 420022。

引 言

随着地基导航系统的发展，各种室内定位系统已经日趋成熟，但国内外室内伪卫星定位接收机自主完好性检测方法的标准尚未形成。为规范室内定位接收机产品，有利于室内定位完好性的改善，评价接收机观测文件的用于定位数据质量，特制定本部分。

本文件属于室内定位接收机完好性领域，主要用于规范伪卫星载波相位周跳、伪卫星信号强度、观测量可持续性等方面技术。

作用：用于评估伪卫星信号质量，接收机完好性检测。

本文件适用于体育场馆、候机（车）厅、购物中心、室内停车场、医院、图书馆、工厂、仓库、写字楼、居民住宅楼等室内或地下场景伪卫星接收机数据完好性质量评估。

室内伪卫星定位接收数据检测方法

1 范围

本文件确立了对关于室内北斗伪卫星原始观测数据观测文件的关于载波相位、多普勒、信号质量、卫星数目等方面的质量分析。

本部分适用于对室内定位接收机观测数据检测进行评价。

2 规范性引用文件

为编写好本文件，建议编制人认真学习以下标准文件：

BD 310002—2019 北斗卫星导航系统 RNSS 公开服务性能评估方法

BD 420021-2019 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）网络 RTK 中心数据处理软件要求与测试方法

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

3 术语和定义、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

丢星 Lost star

在伪卫星导航接收机进行测量中，由于接收机在室内受到障碍物、或者高动态移动而产生的伪卫星数目减少的现象。

3.1.2

周跳 cycle slip

在伪卫星导航接收机进行载波相位测量中，载波周期计数值的不连续现象。

3.1.3

室内多径 Indoor multipath

在室内环境伪卫星测量过程中，非直射路径引入的测距误差。

3.1.4

周跳比 observations per slip

在某时间段内，接收机观测数据的实际历元数据量与发生周跳历元数据量的比值，反映了周跳发生的平均观测历元数。

3.1.5

多普勒测量 Doppler measures

多普勒测量（Doppler measures）是指通过伪卫星信号接收机测定伪卫星发播的无线电信号的多普勒频移或多普勒计数，以确定测站到伪卫星的距离变化率或到卫星相邻两点间的距离差。

3.1.6

载波相位噪声 carrier phase noise

载波相位测量随机误差，泛指伪卫星导航信号产生端、传播路径、接收端产生或引入的各种随机误差对载波相位测量的综合影响值。

3.1.7

载噪比 Carrier-to-Noise Ratio (CNR)

载波信号功率与噪声功率谱密度之比，单位为 dBHz。由 $(C/N) \times B$

计算，其中 B 为系统带宽。

3.2 缩略语

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

dt——历元间时间差；

dt——历元间时间差；

D——Doppler 多普勒；

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

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

L1——GPS L1 频率；

PDOP——Position Dilution of Precision，位置精度因子；

4 评估项目

序号	评估项目	评估流程	评估方法
1	周跳检测	5.1 5.2	6.1
2	丢星与重捕		6.2
3	PDOP 可用性		6.3
4	数据完整性		6.4
5	载波相位噪声		6.5
6	伪距噪声		6.6
7	告警		5.7

5 评估流程

5.1 接收机观测数据各单项评估指标的质量评估流程为：

- a) 读取观测数据；
- b) 对观测数据根据检测方法进行评估；
- c) 输出评估项目的结果。
- d) 根据相邻历元间的伪距、载波相位、以及多普勒、信号质量等信息，按 6 中的评估方法将造成错误的周跳、掉电、载噪比低等原因反馈。
- e) 建立真实测试环境，通过对软件的实际操作，测试软件是否具备 4 中的功能，一般包括：基准站数据质量分析：软件应能输出并显示观测数据的完整性、周跳发生的频度、伪距和载波
- f) 观测值的精度、站址多路径信息、接收机钟稳定性和基准站稳定性等信息； 系统完备性监测：软件应能实时监测卫星信号可用性，在发现异常时提示报警。

5.2 评估场景

5.2.1 静态场景

- a) 在室内多处具有不同环境的地方进行伪卫星数据采集。在室内的评估点个数与该卫星的分布情况以及室内环境有关。
- b) 评估点要不同于训练点，要非均匀选取（由评估点所在的区域被访问的概率决定），且根据系统最小精度需求来保证足够

覆盖率。

- c) 应控制变量包括建筑遮挡、行人遮挡、距离远近实现待评估系统的重复测量和多次测量。

5.2.2 动态场景

- a) 行走模式包括静止、走、快步走等情况，在一次完整的测试中，应包含以上多个移动模式。
- b) 预设轨迹为建筑物可允许范围。预设轨迹应包括直线型、L型、T型、弧形等。也应包括大小不等的矩形，圆形等。
- c) 在测试过程中应经过行人、障碍物等有卫星遮挡的地方，并进行重复测量和多次测量。

6 评估方法

6.1 周跳检测

- a) 模糊度求解是室内高精度定位的关键问题。准确检测和修复周跳是室内接收机观测量质量的重要指标。
- b) 本部分采用相邻历元间多普勒和与载波相位差的关系进行周跳检测，采样间隔为 0.1s, 公式如下，其中 D 表示为多普勒信息。
- c) 当发生周跳时，公式不再成立，根据等式左右两边相差数目求解周跳具体数目。

$$\Delta\Phi_{Li1} = \Phi_{Li}(t) - \Phi_{Li}(t - 1) \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta\Phi_{Li2} = - [D_{Li}(t) + D_{Li}(t - 1)] dt / 2 \dots\dots\dots(2)$$

$$N = \text{round} (\Delta\Phi_{Li1} - \Delta\Phi_{Li2}) \dots\dots\dots(3)$$

式中：

- $\Delta\Phi_{Li1}$ ——历元间的载波相位差；
- $\Phi_{Li}(t)$ ——当前历元载波相位；
- $\Phi_{Li}(t - 1)$ ——上一个历元载波相位；
- dt ——相邻历元间的时间差；
- $\Delta\Phi_{Li2}$ ——根据多普勒值计算的载波相位差；
- $D_{Li}(t)$ ——当前时刻多普勒值；
- N ——计算得出的周跳数目；
- round ——取整；

6.2 丢星与重捕

输入当前场景中可见最大伪卫星数目以及对应的编号，跟据公式（4）得到丢星与重捕结果。 Δn_t 大于 0 为重捕，小于 0 为丢星。

$$\Delta n_t = n(t) - n(t - 1) \dots\dots\dots(4)$$

- Δn_t ——伪卫星数目变化量；
- $n(t)$ ——当前历元伪卫星数目；

$n(t-1)$ ——上一历元伪卫星数目；

6.3 PDOP 可用性

室内格网点界定以 2m 为单元等间隔划分，等计算评估时段内室内服务区 PDOP 值，统计室内格网点 PDOP 值不大于规定值的数量与总数量的百分比，得到 PDOP 可用性，每个格网点 PDOP 可用性按公式(5)计算。

$$Ava_l = \frac{\sum_{t=t_{start}}^{t=t_{end}} \text{bool}\{pdop \leq f_{ACC}\}}{1 + \frac{t_{end} - t_{start}}{T}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

t_{start} ——开始时间段、结束时间段，单位 s；

T —— 用户机采样间隔记为 T ，单位 s；

tp_{dop} —— 某一时刻某一格网点的 PDOP 值；

$\{\}$ bool —— 布尔函数，当满足判断条件时，取为 1，否则取 0；

6.4 数据的完整性

按公式(6)、公式(7)计算单频点观测数据完整率和单系统观测数据完整率。 Dt 为 1 分钟，在不同伪卫星仰角下，不同的接收区域内进行评估。

$$DI_f = \left(\frac{\sum_{j=1}^n A^j}{\sum_{j=1}^n B^j} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

$$DI_f = \left(\frac{\sum_{j=1}^n A^j}{\sum_{j=1}^n B^j} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：

DI ——单频点观测数据完整率，%；

n ——在观测时间段内，观测的卫星总数；

jA ——在观测时间段内，第 j 颗卫星在某频点的实际观测历元总数；

jB ——在观测时间段内，第 j 颗卫星在某频点的理论历元总数；

DI ——单系统观测数据完整率，%；

jC ——在观测时间段内，第 j 颗卫星所有频点均有有效观测数据的历元数；

jD ——在观测时间段内，第 j 颗卫星的理论历元总数。

6.5 伪卫星载波相位噪声

伪卫星载波相位噪声计算的步骤参考附录 A1：

对所有卫星某个频点的载波相位噪声取平均值，并作为各系统频点的载波相位噪声，该噪声可作为定位精度的重要参考，求各系统各频点的载波相位噪声的平均值作为系统的载波相位噪声。

6.6 伪卫星伪距噪声

伪卫星伪距噪声计算的步骤参考附录 A2：

对所有卫星某个频点的伪距噪声取平均值，并作为各系统频点的伪距观测噪声，求各系统各频点的伪距噪声的平均值作为系统的伪距噪声。该噪声可作为定位精度的重要参考，求各系统

各频点的伪距噪声的平均值作为系统的伪距噪声。

6.7 告警

接收机接受的伪卫星数目低于 3 颗时及时告警，提醒用户更换定位方式。

附录 A

1 伪卫星载波相位噪声计算：

$$\Delta\Phi_{ti} = \Phi_{ti} - \Phi_{t(i-1)} \dots\dots\dots (A1)$$

$$\Delta\Delta\Phi_{ti} = \Delta\Phi_{ti} - \Delta\Phi_{t(i-1)} \dots\dots\dots (A2)$$

$$\Delta\Delta\Delta\Phi_{ti} = \Delta\Delta\Phi_{ti} - \Delta\Delta\Phi_{t(i-1)} \dots\dots\dots (A3)$$

$\Delta\Phi_{ti}$ ——某频点相邻历元相载波相位观测量组差值（一次差值），单位周；

$\Delta\Delta\Phi_{ti}$ ——某频点相邻历元载波相位观测量一次差值的组差值（二次差值），单位周；

$\Delta\Delta\Delta\Phi_{ti}$ ——某频点相邻历元载波相位观测量二次差值的组差值（三次差值），单位周。

$$\sigma_{\varphi} = \sqrt{\frac{1}{8 \times (N_{\varphi} - 1)} \sum_{i=1}^{N_{\varphi}} (\Delta\Delta\Delta\Phi_{ti})^2} \dots\dots\dots (A4)$$

N_{φ} ——某频点相邻历元测相载波相位观测量的三次差值的个数。

2 伪卫星伪距噪声计算：

$$\Delta\rho_{ti} = \rho_{ti} - \rho_{t(i-1)} \dots\dots\dots (A5)$$

$$\Delta\Delta\rho_{ti} = \Delta\rho_{ti} - \Delta\rho_{t(i-1)} \dots\dots\dots (A6)$$

$$\Delta\Delta\Delta\rho_{ti} = \Delta\Delta\rho_{ti} - \Delta\Delta\rho_{t(i-1)} \dots\dots\dots (A7)$$

$\Delta\rho_{ti}$ ——某频点相邻历元伪距观测量组差值（一次差值），单位 m；

$\Delta\Delta\rho_{ti}$ ——某频点相邻历元伪距观测量一次差值的组差值（二次差

值), 单位 m;

$\Delta\Delta\Delta\rho_{ti}$ ——某频点相邻历元伪距观测量二次差值的组差值 (二次差值), 单位 m;

$$\sigma_{\rho} = \sqrt{\frac{1}{8 \times (N_{\rho} - 1)} \sum_{i=1}^{N_{\rho}} (\Delta\Delta\Delta\rho_{ti})^2} \dots\dots\dots (A8)$$

N_{φ} ——某频点相邻历元测相载波相位观测量的三次差值的个数。

参考文献

- [1]北斗卫星导航系统公开服务性能规范(1.0 版),中国卫星导航系统管理办公室,2013.12-27
- [2]北斗卫星导航系统公开服务性能规范(2.0 版),中国卫星导航系统管理办公室,2018.12-27
- [3]刘公绪, 史凌峰.室内定位技术的测试与评估标准综述[J].导航定位学报,2019,7(2): 1-9.