



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—20XX

电力北斗时空安全隔离装置 校准规范

Calibration Specification for Power Beidou Space-time

Security Isolation Device

(征求意见稿)

20XX-XX-XX发布

20XX-XX-XX实施

国家市场监督管理总局发布

电力北斗时空安全隔离装置

校准规范

JJF XXXX—XXXX

Calibration Specification for Power Beidou

Space-time Security Isolation Device

归口单位：全国卫星导航应用专用计量测试技术委员会

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

湖南卫导信息科技有限公司

参加起草单位：浙江赛思电子科技有限公司

星汉时空科技(北京)有限公司

本规范委托全国卫星导航应用专用计量测试技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

黄 艳（北京市计量检测科学研究院）

张勇虎（湖南卫导信息科技有限公司）

参加起草人：

曹 辉（浙江赛思电子科技有限公司）

刘阳琦（星汉时空科技（北京）有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(3)
5.1 信号接收能力	(3)
5.2 压制干扰告警性能	(3)
5.3 抗转发式欺骗性能	(3)
5.4 抗生成式欺骗性能	(3)
5.5 抗入侵式欺骗性能	(4)
5.6 射频性能	(4)
5.7 信号切换性能	(4)
5.8 生成信号的授时性能	(4)
6 校准条件	(4)
6.1 环境条件	(4)
6.2 微波暗室环境条件	(4)
6.3 测量标准及其他设备	(5)
7 校准项目和校准方法	(6)
7.1 校准项目	(6)
7.2 校准方法	(6)
8 校准结果表达	(14)
9 复校时间间隔	(15)
附录 A 原始记录格式	(16)
附录 B 校准证书(内页)格式	(20)
附录 C 校准结果的不确定度评定示例	(22)

引言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成制定本规范的基础性系列规范。

本规范为首次制定。

电力北斗时空安全隔离装置校准规范

1 范围

本规范适用于电力北斗时空安全隔离装置的校准，也适用于其它同类仪器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1180-2025 时间频率计量名词术语及定义

JJF 1188-2008 无线电计量名词术语及定义

GB/T 19391-2003 全球定位系统术语及定义

GB/T 44073-2024 微波暗室场地确认方法

DL/T 1100.5-2019 电力系统的时间同步系统 第5部分：抗欺骗和抗干扰技术要求

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

3 术语

3.1 压制干扰告警门限 interference alert limit

触发电力北斗时空安全隔离装置发出干扰告警时，输入的最低压制干扰信号功率，以干扰信号与真实卫星信号功率差值来衡量。

3.2 转发式欺骗 forwarding deception

将正常环境下接收到的导航卫星信号进行延时、放大而产生的欺骗信号。

3.3 生成式欺骗 generative deception

利用导航卫星信号模拟装置产生的欺骗信号。该欺骗信号可以与当前接收到的导航卫星信号有关联关系。

3.4 入侵式欺骗 invasive deception

一种特殊样式的生成式欺骗信号，在开始施放时与当前接收到的各导航卫星信号在时间上同步，功率略大于导航卫星信号，所模拟的卫星运行轨道与导航卫星轨道相同，能直接被目标卫星 GNSS 接收机接收。当入侵式欺骗信号被目标卫星 GNSS 接收机接收后，再使码片速率和载波频率产生偏移，或改变电文参数，进而使目标 GNSS 接收机输出的时间和（或）位置产生偏差。

3.5 压制干扰告警漏警率 interference alert miss rate

压制干扰告警漏警率是指在预定监测周期内，时空安全隔离装置对于检测到的干扰信号未能发出预期告警的百分比。

3.6 告警时间 time to alert

告警时间是指从干扰或欺骗信号首次被发射的那一刻起,至时空安全隔离装置成功识别该信号并触发告警机制所经过的时间间隔。

3.7 告警消除时间 time to alert clearing

告警消除时间是指从压制干扰或欺骗信号停止发射的那一刻起,至时空安全隔离装置确认信号不再存在并取消相应干扰告警所经过的时间间隔。

3.8 抗欺骗强度 spoofing resistance strength

抗欺骗强度是指时空安全隔离装置在抵御外部欺骗信号时,保持卫星导航信号稳定,确保 GNSS 接收机性能不受影响的能力,以欺骗信号与真实卫星信号功率差值来衡量。

3.9 授时时间一致性 timekeeping coherence

授时一致性指的是指时空安全隔离装置将真实卫星导航信号切换为内部生成的卫星导航信号输出时,被保护的 GNSS 接收机在信号切换前后授时时间的绝对变化量。

3.10 射频关断隔离度 RF cut-off isolation

射频关断隔离度是指时空安全隔离装置在检测到外部干扰或欺骗时,切断外部卫星导航信号输入后,射频链路增益的变化量。

3.11 卫星导航干扰信号 satellite navigation interference signal

卫星导航干扰信号是指任何有意或无意发射的能够对全球导航卫星系统的正常运行造成干扰的信号。

4 概述

电力北斗时空安全隔离装置(下面简称为时空安全隔离装置)是防范 GNSS 卫星导航信号被欺骗和干扰的监测装置,用于对卫星导航、授时有严格要求的电力行业。时空安全隔离装置实时监测周围环境中的干扰和欺骗信号,当干扰或欺骗信号功率超过一定门限时,自动切断卫星导航信号输入,或者内部生成不受干扰欺骗影响的卫星导航信号。时空安全隔离装置由卫星导航信号监测模块、驯服时钟模块、卫星导航信号仿真模块和射频信号控制模块组成,时空安全隔离装置的基本结构和工作原理如图 1 所示。

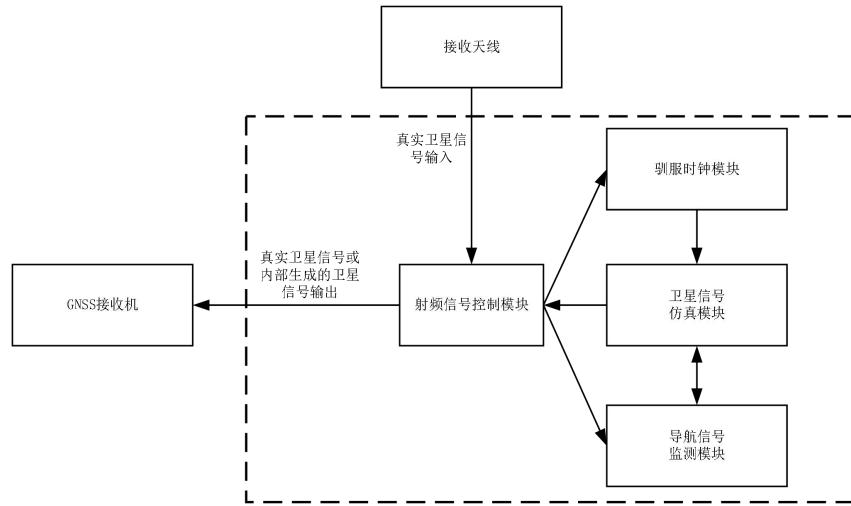


图 1 电力北斗时空安全隔离装置基本结构和工作原理

5 计量特性

5.1 信号接收能力

5.1.1 接收信号功率范围

$-130\text{dBm} \sim -90\text{dBm}$;

5.2 压制干扰告警性能

5.2.1 压制干扰告警门限

$\leq 50\text{dB}$;

5.2.2 压制干扰告警时间

告警时间: $\leq 15\text{s}$;

5.3 抗转发式欺骗性能

5.3.1 转发式欺骗告警时间

1) 告警时间: $\leq 15\text{s}$;

2) 告警消除时间: $\leq 20\text{s}$;

5.3.2 抗转发式欺骗强度

$\geq 20\text{dB}$;

5.4 抗生成式欺骗性能

5.4.1 生成式欺骗告警时间

1) 告警时间: $\leq 20\text{s}$;

2) 告警消除时间: $\leq 20\text{s}$;

5.4.2 抗生成式欺骗强度

$\geq 20\text{dB}$;

5.5 抗入侵式欺骗性能

5.5.1 抗入侵式欺骗强度

$\geq 20\text{dB}$;

5.6 射频性能

5.6.1 射频关断隔离度

$\geq 50\text{dB}$;

5.7 信号切换性能

5.7.1 授时时间一致性

$\leq 50\text{ns}$;

5.8 生成信号的授时性能

5.8.1 时间偏差

$\leq 100\text{ns}$;

5.8.2 时间保持偏差

$\leq 500\text{ns} @ 60\text{min}$;

注：以上技术指标不用于合格评定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度与湿度、供电电源接口、机械安装接口满足电力北斗时空安全隔离装置以及配套试验设备的正常工作要求。无特殊要求的，应满足：

a) 环境温度： $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

b) 相对湿度：不大于 90%。

c) 无影响时空安全隔离装置以及配套试验设备正常工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 微波暗室环境条件

a) 暗室静区反射电平：优于 20dB 。

b) 暗室屏蔽性能：优于 80dB 。

另外，微波暗室应满足 GB/T 44073-2024 《微波暗室场地确认方法》的要求。

注：微波暗室尺寸基于天线尺寸和天线远场距离计算公式： $2D^2 = \lambda$ 计算所得，被

测装置天线尺寸、信号频点变化时需要适应性调整。

6.3 测量标准及其他设备

6.3.1 参考时间频率源

- a) 输出频率: 5MHz/10MHz、1PPS 信号;
- b) 相对频率偏差: 优于 $\pm 5 \times 10^{-11}$;
- c) 频率稳定度: 优于 $\pm 5 \times 10^{-12}/\text{s}$;
- d) 1PPS 信号不确定度: 优于 2ns (k=2)。

6.3.2 频谱分析仪

- a) 频率范围: 20 Hz ~ 3.6 GHz;
- b) 电平测量最大允许误差: $\pm 1\text{dB}$;
- c) 动态范围: $\geq 100\text{dB}$ 。

6.3.3 时间间隔测量仪

- a) 测量范围: 1ns ~ 1000s;
- b) 测量不确定度: 优于 1ns (k=2)。

6.3.4 GNSS 接收机 (时间测量型)

- a) 接收频点: 支持被校准装置所适用的 GNSS 系统;
- b) 捕获灵敏度: (-115~-110) dBm (20dB 天线增益);
- c) 跟踪灵敏度: (-125~-120) dBm (20dB 天线增益);
- d) 定位偏差和精密度: (1~15) m; (1~15) m, 1σ ;
- e) 内部时延: 校准后的不确定度优于 2ns (k=2)。

6.3.5 GNSS 信号模拟器

- a) 输出频率: 支持被校准装置所适用的 GNSS 系统;
- b) 场景: 可定义校准所需标准场景, 如真实卫星信号模拟仿真测试场景;
- c) 信号功率: 输出电平覆盖 (-100~-140) dBm; 绝对误差应优于 $\pm 2\text{dB}$;
- d) 信号相位噪声 (抖动): $< 0.1 \text{ rad (rms)}$;
- e) 谐波抑制水平: $> 25 \text{ dBc}$;
- f) 伪距精度: $< 100 \text{ mm (rms)}$; 伪距率精度: $< 100 \text{ m/s (rms)}$;
- g) 内部时钟稳定度: $< 5 \times 10^{-8}/\text{d}$;
- h) 有 1 PPS 信号输出, 其与 GNSS 射频信号过零点的偏差绝对值 $< 10 \text{ ns}$ 。

6.3.6 卫星导航干扰信号模拟源

- a) 干扰频点: 支持被校准装置所适用的 GNSS 系统;
- b) 欺骗频点: 支持被校准装置所适用的 GNSS 系统;
- c) 发射功率: 功率范围 (-130~+5) dBm; 功率分辨率: (0.1~2) dB;

- d) 干扰调制带宽: $\geq 10\text{MHz}$;
- e) 干扰样式: 连续波、FM、AM、BPSK、QPSK、高斯白噪声。

6.3.7 功分器

- a) 频率: $1\text{ GHz} \sim 3.6\text{ GHz}$;
- b) 驻波比: $\leq 1.5\text{dB}$ 。

6.3.8 合路器

- a) 频率: $1\text{ GHz} \sim 3.6\text{ GHz}$;
- b) 驻波比: $\leq 1.5\text{dB}$ 。

6.3.9 电子秒表

- a) 测量分辨力: 不小于 0.1 s ;
- b) 测量间隔: $\pm 0.1\text{s}$;
- c) 测量不确定度: 优于 0.2s ($k=2$)。

注: 以上条件为校准中需遵循的一般性要求, 根据实际情况也可做合理变化。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表1。

表1 校准项目表

序列	校准项目名称	
1	信号接收能力	接收信号功率范围
2	压制干扰告警性能	压制干扰告警门限
3		压制干扰告警时间
4	抗转发式欺骗性能	转发式欺骗告警时间
5		抗转发式欺骗强度
6	抗生成式欺骗性能	生成式欺骗告警时间
7		抗生成式欺骗强度
8	抗入侵式欺骗性能	抗入侵式欺骗强度
9	射频性能	射频关断隔离度
10	信号切换性能	授时时间一致性
11	生成信号的授时性能	时间偏差
12		时间保持偏差

7.2 校准方法

所有校准用设备均需按各自技术说明书规定的时间预热。

项目校准前, 需根据对应校准连接图, 完成链路功率、时延的标定与补偿。

项目校准前, 需选定待校准的系统和频点, 校准项目中播发的压制干扰信号或欺骗信号需与选定的系统和频点一致。

本规范的参数校准, 使用 GNSS 信号模拟器仿真模拟真实卫星导航信号。在完成校准连接与设备预热后, 需先控制 GNSS 信号模拟器载入测试场景, 场景的载体轨迹静止, 各系统可见卫星数不低于 6 颗, 几何精度因子不超过 2.5, 卫星均匀分布在天顶上空, 设置信号到达时空安全隔离装置接收天线口面的功率为 -130dBm (或参考被测时空安全隔离装置厂家的信号接收电平指标), 设置仿真的系统频点至少覆盖校准装置所适用的 GNSS 系统频点, 控制 GNSS 信号模拟器保持仿真运行状态。

7.2.1 信号接收能力

7.2.1.1. 接收信号功率范围

校准连接如图 2 所示。

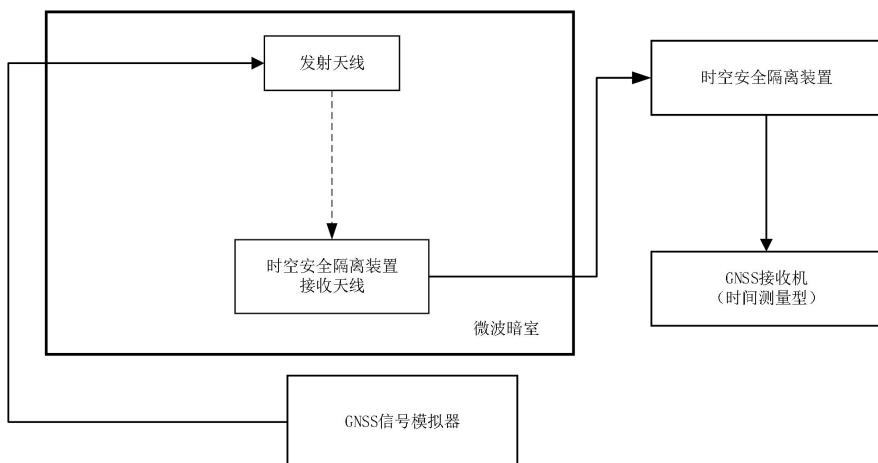


图 2 信号接收与输出能力校准示意图

a) 时空安全隔离装置开机, 按规定时间初始化 (参考厂家初始化时间指标), 使用 GNSS 接收机 (时间测量型) 接收、解算装置输出的信号;

b) 若 GNSS 接收机 (时间测量型) 不能正常捕获到时空安全隔离装置输出的信号, 则控制时空安全隔离装置关机, 依次以 1dB 为步进增大 GNSS 信号模拟器播发的卫星导航信号功率, 重复步骤 a), 直至 GNSS 接收机 (时间测量型) 正常接收、解算装置输出的信号, 记录此时设置的信号功率大小作信号接收功率范围下限校准值;

c) 设置时空安全隔离装置关机, 操作 GNSS 信号模拟器, 实时更改设置信号到达接收天线口面功率为 -90dBm (或参考被测装置厂家的信号接收电平最大值);

d) 时空安全隔离装置重新开机, 按规定时间初始化 (参考厂家初始化时间

指标), 使用 GNSS 接收机(时间测量型)接收、解算装置输出的信号;

e) 若 GNSS 接收机(时间测量型)不能正常捕获到时空安全隔离装置输出的信号, 则控制时空安全隔离装置关机, 依次以 1dB 为步进减小 GNSS 信号模拟器播发的卫星导航信号功率, 重复步骤 d), 直至 GNSS 接收机(时间测量型)正常接收、解算装置输出的信号, 记录此时设置的信号功率大小作信号接收功率范围上限校准值。

7.2.2 压制干扰告警性能

7.2.2.1. 压制干扰告警门限

校准连接如图 3 所示。

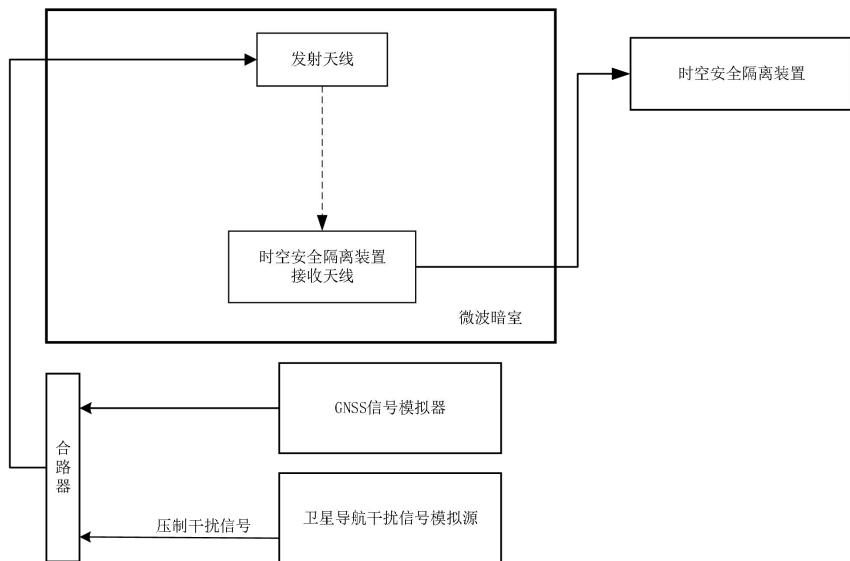


图 3 压制干扰告警性能校准连接示意图

a) 时空安全隔离装置开机, 按规定时间完成设备初始化(参考厂家初始化时间指标);

b) 使用卫星导航干扰信号模拟源播发同频段宽带压制干扰信号, 干扰信号带宽超过卫星信号带宽至少 2MHz, 设置干扰信号到达时空安全隔离装置接收天线的功率为-110dBm(或参考被测装置厂家的信号接收电平指标);

c) 干扰信号功率保持 30 秒, 记录在此期间时空安全隔离装置是否有发出干扰告警;

d) 若实测时空安全隔离装置未发出干扰告警, 则以 1dB 为步进增大干扰信号功率, 重复步骤 b) ~c), 直至时空安全隔离装置发出干扰告警, 记录此时压制干扰信号相应功率值为 P_m ;

e) 根据 GNSS 信号模拟器播发的模拟真实卫星导航信号功率 P_0 和式(1), 计算功率偏差 P_j 作为压制干扰告警门限校准值。

$$P_j = P_m - P_0 \quad (1)$$

7.2.2.2. 压制干扰告警时间

校准连接如图 3 所示。

- a) 时空安全隔离装置开机，按规定时间完成设备初始化（参考厂家初始化时间指标）；
- b) 使用卫星导航干扰信号模拟源播发同频段宽带压制干扰信号，干扰信号带宽超过卫星信号带宽至少 2MHz，设置干扰信号到达接收天线口面的功率比卫星导航信号高 40dB（或参考被测装置厂家的干扰门限电平），欺骗信号持续时间不低于 10min；
- c) 使用电子秒表测量并记录从干扰信号开启到时空安全隔离装置发出干扰告警的时间 T_j 作为压制干扰告警时间校准值。

7.2.3 抗转发式欺骗性能

7.2.3.1. 转发式欺骗告警时间

校准连接如图 4 所示。

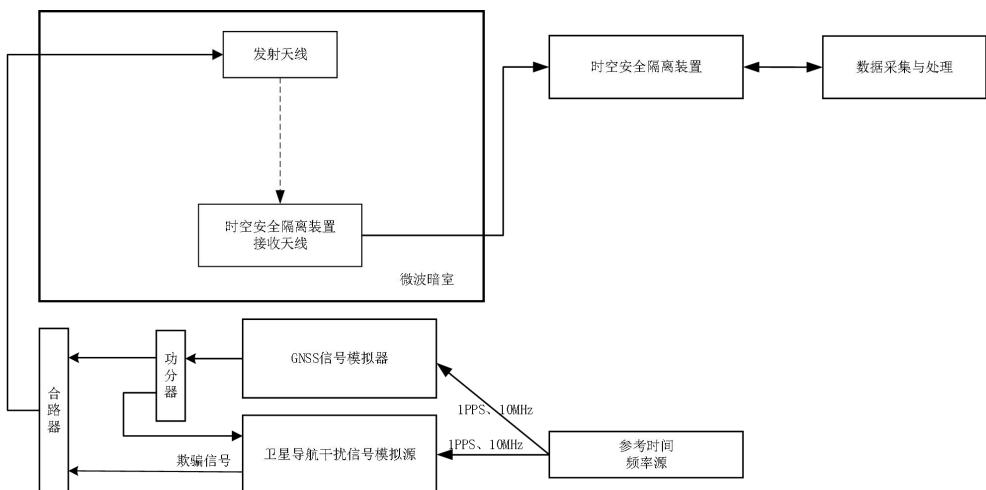


图 4 欺骗告警时间校准示意图

- a) 时空安全隔离装置开机，按规定时间完成设备初始化（参考厂家初始化时间指标）；
- b) 使用卫星导航干扰信号模拟源播发转发式欺骗信号，欺骗信号时延不小于 1.5 码片持续时间，欺骗信号的坐标与卫星导航信号坐标相对水平偏差不小于 100m，到达接收天线的欺骗信号功率比卫星导航信号功率高 20dB（或参考厂家的欺骗干扰告警门限），欺骗信号持续时间不低于 10min；
- c) 使用电子秒表测量并记录从欺骗信号开启到时空安全隔离装置发出欺骗告警的时间 T_f 作为转发式欺骗告警时间校准值；
- d) 关闭欺骗信号，使用电子秒表记录从欺骗信号关闭到时空安全隔离装置发出欺骗消失提示信息的时间 S_f 作为转发式欺骗告警消除时间校准值。

7.2.3.2. 抗转发式欺骗强度

校准连接如图 4 所示。

- a) 时空安全隔离装置开机, 按规定时间初始化 (参考厂家初始化时间指标);
- b) 使用卫星导航干扰信号模拟源播发转发式欺骗信号, 欺骗信号时延不小于 1.5 码片持续时间, 欺骗信号的轨迹坐标与卫星导航信号坐标相对水平偏差不小于 100m, 到达接收天线的功率欺骗信号比卫星导航信号高 5dB (或参考厂家的欺骗干扰告警门限), 欺骗信号持续时间不低于 10min (或参考厂家的欺骗干扰告警时间);
- c) 在欺骗信号播发期间, 观察并记录时空安全隔离装置欺骗告警的状态;
- d) 若时空安全隔离装置未输出欺骗告警信息, 则以 1dB 为步进增大欺骗信号功率, 重复步骤 b) ~c), 直至时空安全隔离装置输出欺骗告警信息, 记录此时欺骗信号相应功率值为 P_m ;
- e) 根据 GNSS 信号模拟器播发的模拟真实卫星导航信号功率 P_0 和式 (2), 计算功率偏差 P_f 作为抗转发式欺骗强度最小校准值。

$$P_f = P_m - P_0 \quad (2)$$

7.2.4 抗生成式欺骗性能

7.2.4.1. 生成式欺骗告警时间

校准连接如图 4 所示。

- a) 时空安全隔离装置开机, 按规定时间初始化 (参考厂家初始化时间指标);
- b) 使用卫星导航干扰信号模拟源播发生生成式欺骗信号, 欺骗信号时延小于 0.5 码片持续时间, 欺骗信号的坐标与卫星导航信号坐标一致, 到达接收天线的欺骗信号功率比卫星导航信号高 20dB (或参考厂家的欺骗干扰告警门限), 欺骗信号持续时间不低于 10min;
- c) 使用电子秒表记录从欺骗信号开启到时空安全隔离装置发出欺骗告警的时间 T_g 作为生成式欺骗告警时间校准值;
- d) 关闭欺骗信号, 使用电子秒表记录从欺骗信号关闭到时空安全隔离装置发出欺骗消失提示信息的时间 S_g 作为生成式欺骗告警消除时间校准值。

7.2.4.2. 抗生成式欺骗强度

校准连接如图 4 所示。

- a) 时空安全隔离装置开机, 按规定时间初始化 (参考厂家初始化时间指标);
- b) 使用卫星导航干扰信号模拟源播发生生成式欺骗信号, 欺骗信号时延小于 0.5 码片持续时间, 欺骗信号的坐标与卫星导航信号坐标一致, 到达接收天线的

欺骗信号功率比卫星导航信号高 3dB (或参考厂家的欺骗干扰告警门限), 欺骗信号持续时间不低于 10min (或参考厂家的欺骗干扰告警时间);

- c) 在欺骗信号播发期间, 观察记录时空安全隔离装置欺骗告警的状态;
 - d) 若时空安全隔离装置未输出欺骗告警信息, 则以 1dB 为步进增大欺骗信号功率, 重复步骤 b) ~c), 直至时空安全隔离装置输出欺骗告警信息, 记录此时欺骗信号相应功率值为 P_m 。
 - e) 根据 GNSS 信号模拟器播发的模拟真实卫星导航信号功率 P_0 和式 (3), 计算功率偏差 P_g 作为抗生成式欺骗强度最小校准值。

$$P_a = P_m - P_0 \quad (3)$$

7.2.5 抗入侵式欺骗性能

7.2.5.1. 抗入侵式欺骗强度

校准连接如图 5 所示。

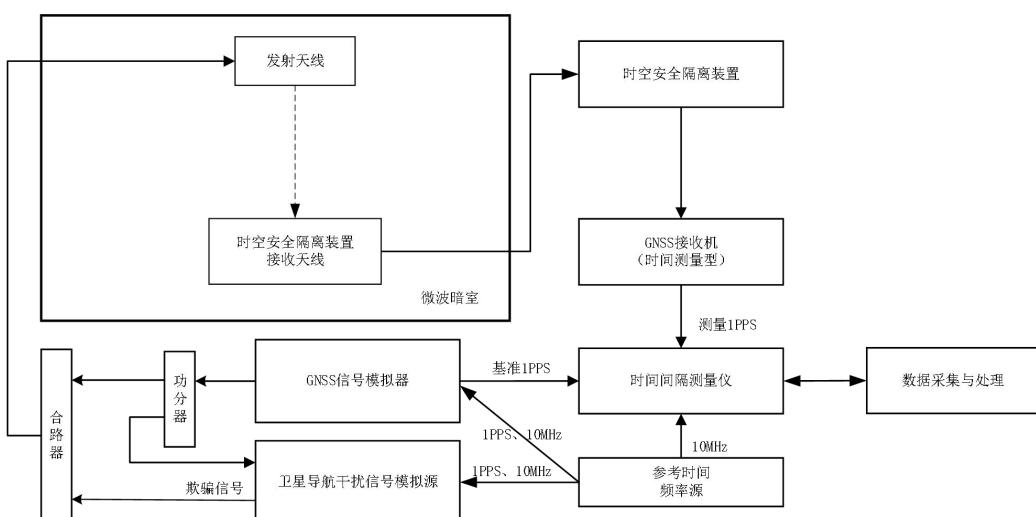


图 5 抗入侵式欺骗强度校准示意图

- a) 时空安全隔离装置开机，按规定时间初始化（参考厂家初始化时间指标），使用 GNSS 接收机（时间测量型）接收、解算装置输出的信号；
 - b) 使用时间间隔测量仪测量并记录 GNSS 信号模拟器输出基准 1PPS 与 GNSS 接收机（时间测量型）输出测量 1PPS 上升沿的时间差值，设置时间间隔测量仪采样频率为 1Hz，采样样本数为 60，输出采样样本数的平均值统计结果记为 T_0 ；
 - c) 使用卫星导航干扰信号模拟源播发生成式欺骗信号，欺骗信号时延小于 0.5 码片持续时间，欺骗信号的坐标与卫星导航信号坐标一致，到达接收天线的欺骗信号功率比卫星导航信号高 6dB，欺骗信号持续时间不少于 10min；
 - d) 生成式欺骗信号开始播发 30s 后，实时设置欺骗信号时延在 60s 内拉偏

1us;

e) 欺骗信号时延完成拉偏 120s 后, 使用时间间隔测量仪测量并记录 GNSS 信号模拟器输出的基准 1PPS 与 GNSS 接收机(时间测量型)输出的测量 1PPS 上升沿的时间差值, 设置时间间隔测量仪采样频率为 1Hz, 采样样本数为 60, 输出采样样本数的平均值统计结果记为 T_m ;

f) 根据公式(4), 计算输出 1PPS 绝对变化量 ΔT ;

$$\Delta T = |T_m - T_0| \quad (4)$$

g) 若 ΔT 不小于 200ns, 则以 1dB 为步进增大欺骗信号功率, 重复步骤 b) ~f), 直至 ΔT 小于 200ns, 记录此时欺骗信号相应功率值为 P_m ;

h) 根据 GNSS 信号模拟器播发的模拟真实卫星导航信号功率 P_0 和式(5), 计算功率偏差 P_d 作为抗入侵式欺骗强度最小校准值。

$$P_d = P_m - P_0 \quad (5)$$

7.2.6 射频性能

7.2.6.1. 射频关断隔离度

校准连接如图 6 所示。

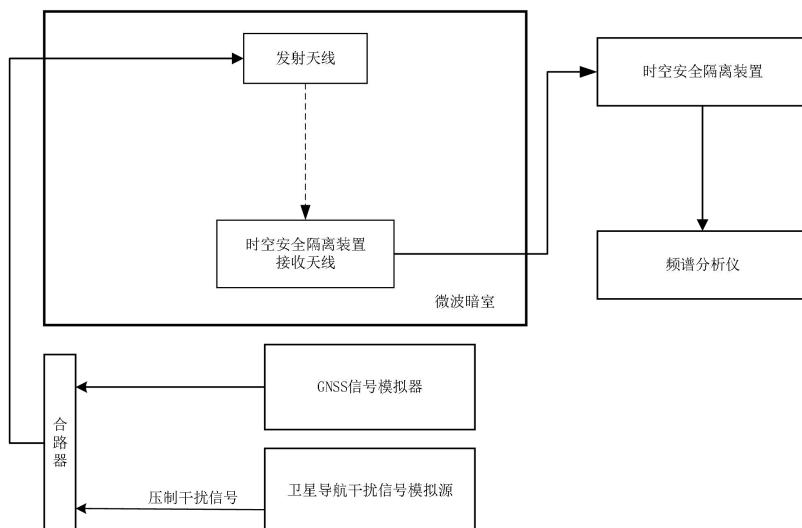


图 6 射频关断隔离度校准示意图

a) 时空安全隔离装置开机, 按规定时间完成设备初始化(参考厂家初始化时间指标);

b) 关闭时空安全隔离装置的再生信号功能(如果具备此功能), 使用卫星导航干扰信号模拟源播发压制干扰信号, 干扰信号带宽超过卫星信号带宽至少 2MHz, 设置干扰信号到达时空安全隔离装置接收天线的功率为-20dBm, 记为 P_0 , 干扰信号持续时间不低于 10min;

c) 使用频谱分析仪测量时空安全隔离装置输出信号的带内积分功率 P_m ;

d) 根据式(6)计算输入功率与输出功率的差值 ΔP_{RF} , 作为射频关断隔离

度校准值。

$$\Delta P_{RF} = P_0 - P_m \quad (6)$$

7.2.7 信号切换性能

7.2.7.1. 授时时间一致性

校准连接如图 7 所示。

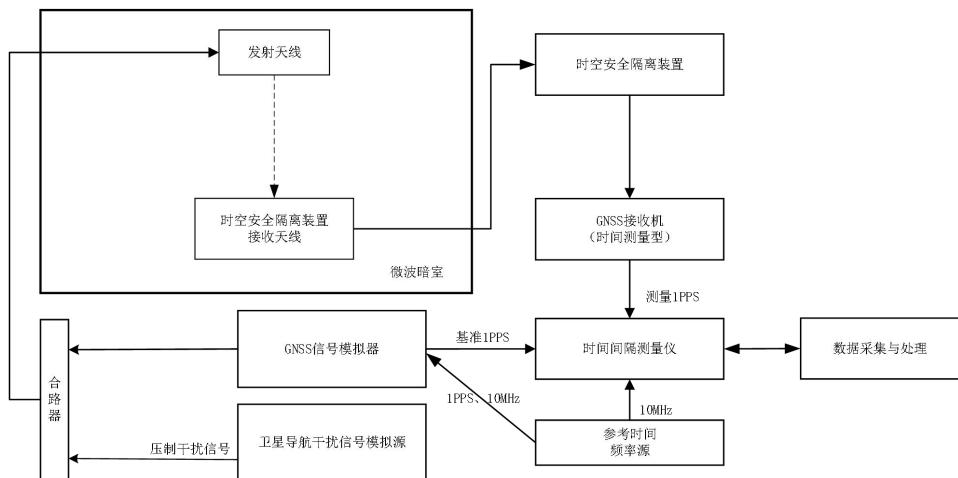


图 7 授时时间一致性校准示意图

- a) 时空安全隔离装置开机，按规定时间初始化（参考厂家初始化时间指标）并生成导航射频信号，使用 GNSS 接收机（时间测量型）捕获并授时；
- b) 使用时间间隔测量仪测量并记录 GNSS 信号模拟器输出的基准 1PPS 与 GNSS 接收机（时间测量型）输出的测量 1PPS 上升沿的时间差值，设置时间间隔测量仪采样频率为 1Hz，采样样本数为 60，输出采样样本数的平均值统计结果记为 T_0 ；
- c) 设置干扰信号模拟器播发压制干扰信号，干扰信号到达接收天线功率为 -100dBm（或参考厂家提供的信号切换干信比），迫使时空安全隔离装置切换为内部生成卫星信号输出；
- d) 使用 GNSS 接收机（时间测量型）重新捕获并授时，再次测量并记录 1PPS 时间差值，设置时间间隔测量仪采样频率为 1Hz，采样样本数为 60，输出采样样本数的平均值统计结果记为 T_m ；
- e) 根据公式 (7)，计算输出 1PPS 绝对变化量 δ_T 作为授时时间一致性校准值。

$$\delta_T = | T_m - T_0 | \quad (7)$$

7.2.8 生成信号的授时性能

7.2.8.1. 时间偏差

校准连接如图 7 所示。

- a) 时空安全隔离装置开机，按规定时间初始化（参考厂家初始化时间指标）；

- b) 设置干扰信号模拟器播发压制干扰信号, 干扰信号到达接收天线功率为-100dBm (或参考厂家提供的信号切换干信比), 迫使时空安全隔离装置切换为内部生成卫星信号输出;
- c) 使用 GNSS 接收机 (时间测量型) 捕获输出的卫星信号并完成定位授时;
- d) 使用时间间隔测量仪测量并记录 GNSS 信号模拟器输出的基准 1PPS 与 GNSS 接收机 (时间测量型) 输出的测量 1PPS 上升沿的时间差值, 设置时间间隔测量仪采样频率为 1Hz, 采样样本数为 60, 输出采样样本数的平均值统计结果作为时间偏差校准值。

7.2.8.2. 时间保持偏差

校准连接如图 7 所示。

- a) 时空安全隔离装置开机, 按规定时间初始化 (参考厂家初始化时间指标);
- b) 设置干扰信号模拟器播发压制干扰信号, 干扰信号到达接收天线功率为-100dBm (或参考厂家提供的信号切换干信比), 迫使时空安全隔离装置切换为内部生成卫星信号输出;
- c) 使用 GNSS 接收机 (时间测量型) 捕获输出的卫星信号并完成授时;
- d) 使用时间间隔测量仪测量并记录 GNSS 信号模拟器输出的基准 1PPS 与 GNSS 接收机 (时间测量型) 输出的测量 1PPS 上升沿的时间差值, 设置时间间隔测量仪采样频率为 1Hz, 实时输出与保存测量的 1PPS 上升沿时间差值 T_i ($i=1,2,3\dots n$), 持续时间不少于 1 小时;
- e) 根据式 (8), 计算测量数据绝对值的最大值 σ_T 作为时间保持偏差校准值。

$$\sigma_T = \max_{i=1 \sim n} |T_i| \quad (8)$$

式中, n 为样本数量。

8 校准结果表达

由校准方出具“校准证书”或校准报告。包括下列内容:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果与实验室的地址不同);
- d) 证书的唯一性标识 (如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;

- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 对校准规范的偏离的说明;
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

复校时间间隔建议 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、仪器本身质量等诸因素所决定的, 因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

原始记录格式

校准地点	
校准时间	
校准仪器	
被校设备	
校准人员	
校准项目	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <input type="checkbox"/> 信号接收能力 ➤ 接收信号功率范围 ➤ <input type="checkbox"/> 压制干扰告警性能 ➤ 压制干扰告警门限 ➤ 压制干扰告警时间 ➤ <input type="checkbox"/> 抗转发式欺骗性能 ➤ 转发式欺骗告警时间 ➤ 抗转发式欺骗强度 ➤ <input type="checkbox"/> 抗生成式欺骗性能 ➤ 生成式欺骗告警时间 ➤ 抗生成式欺骗强度 ➤ <input type="checkbox"/> 抗入侵式欺骗性能 ➤ 抗入侵式欺骗强度 ➤ <input type="checkbox"/> 射频性能 ➤ 射频关断隔离度 ➤ <input type="checkbox"/> 信号切换性能 ➤ 授时时间一致性 ➤ <input type="checkbox"/> 生成信号的授时性能 ➤ 时间偏差 ➤ 时间保持偏差

A.1 信号接收能力

A.1.1 接收信号功率范围

表 A. 1 接收信号功率范围校准参考记录表

频点	接收信号功率下限	接收信号功率上限	扩展不确定度 (k=2)

A.2 压制干扰告警性能

A.2.1 压制干扰告警门限

表 A. 2 压制干扰告警门限校准参考记录表

频点	模拟真实卫星导航信号功率	压制干扰信号告警功率	压制干扰告警门限	扩展不确定度 (k=2)

A2.2 压制干扰告警时间

表 A. 3 压制干扰告警时间校准参考记录表

频点	压制干扰告警时间	扩展不确定度 (k=2)

A.3 抗转发式欺骗性能

A.3.1 转发式欺骗告警时间

表 A. 4 转发式欺骗告警时间校准参考记录表

频点	转发式欺骗告警时间	转发式欺骗告警消除时间	扩展不确定度 (k=2)

A.3.2 抗转发式欺骗强度

表 A. 5 抗转发式欺骗强度校准参考记录表

频点	模拟真实卫星导航信号功率	转发式欺骗信号最低告警功率	抗转发式欺骗强度	扩展不确定度 (k=2)

A.4 抗生成式欺骗性能

A.4.1 生成式欺骗告警时间

表 A. 6 生成式欺骗告警时间校准参考记录表

频点	生成式欺骗告警时间	生成式欺骗告警消除时间	扩展不确定度 (k=2)

A.4.2 抗生成式欺骗强度

表 A. 7 抗生成式欺骗强度校准参考记录表

频点	模拟真实卫星导航信号功率	生成式欺骗信号最低告警功率	抗生成式欺骗强度	扩展不确定度 (k=2)

A.5 抗入侵式欺骗性能

A.5.1 抗入侵式欺骗强度

表 A. 8 抗入侵式欺骗强度校准参考记录表

频点	1PPS 绝对变化量	模拟真实卫星导航信号功率	入侵式欺骗信号 1PPS 变化收敛最低功率	抗入侵式欺骗强度	扩展不确定度 (k=2)

A.6 射频性能

A.6.1 射频关断隔离度

表 A. 9 射频关断隔离度校准参考记录表

频点	输入信号功率	实测输出信号功率	射频关断隔离度	扩展不确定度 (k=2)

A.7 信号切换性能

A.7.1 授时时间一致性

表 A.10 授时时间一致性校准参考记录表

频点	信号切换前的 1PPS 时延值	信号切换后的 1PPS 时延值	授时时间一致性	扩展不确定度 (k=2)

A.8 生成信号的授时性能

A.8.1 时间偏差

表 A.11 时间偏差校准参考记录表

频点	时间偏差	扩展不确定度 (k=2)

A.8.2 时间保持偏差

表 A.12 时间保持偏差校准参考记录表

频点	样本数	时间保持偏差	扩展不确定度 (k=2)

附录 B

校准证书（内页）格式

B.1 信号接收能力

B.1.1 接收信号功率范围

$$(P_{min} \sim P_{max}) = \\ \text{扩展不确定度: } U = \quad (k=2)$$

B.2 压制干扰告警性能

B.2.1 压制干扰告警门限

$$P_j = \\ \text{扩展不确定度: } U = \quad (k=2)$$

B.2.2 压制干扰告警时间

$$T_j = \\ \text{扩展不确定度: } U = \quad (k=2)$$

B.3 抗转发式欺骗性能

B.3.1 转发式欺骗告警时间

告警时间

$$T_f = \\ \text{扩展不确定度: } U = \quad (k=2)$$

告警消除时间

$$S_f = \\ \text{扩展不确定度: } U = \quad (k=2)$$

B.3.2 抗转发式欺骗强度

$$P_f = \\ \text{扩展不确定度: } U = \quad (k=2)$$

B.4 抗生成式欺骗性能

B.4.1 生成式欺骗告警时间

告警时间

$$T_g = \\ \text{扩展不确定度: } U = \quad (k=2)$$

告警消除时间

$$S_g =$$

扩展不确定度: $U =$ (k=2)

B.4.2 抗生成式欺骗强度

$$P_g =$$

扩展不确定度: $U =$ (k=2)

B.5 抗入侵式欺骗性能

B.5.1 抗入侵式欺骗强度

$$P_d =$$

扩展不确定度: $U =$ (k=2)

B.6 射频性能

B.6.1 射频关断隔离度

$$\Delta P_{RF} =$$

扩展不确定度: $U =$ (k=2)

B.7 信号切换性能

B.7.1 授时时间一致性

$$\delta_T =$$

扩展不确定度: $U =$ (k=2)

B.8 生成信号的授时性能

B.8.1 时间偏差

$$\Delta\delta =$$

扩展不确定度: $U =$ (k=2)

B.8.2 时间保持偏差

$$\sigma_T =$$

扩展不确定度: $U =$ (k=2)

注: 校准内页格式仅给出单系统单频点的校准结果格式, 多系统多频点按类似格式罗列。

附录 C

校准结果的不确定度评定示例

电力北斗时空安全隔离装置校准结果可分为信号接收能力校准结果(包括接收信号功率范围)、压制干扰告警性能校准结果(包括压制干扰告警门限、压制干扰告警时间)、抗转发式欺骗性能校准结果(包括转发式欺骗告警时间、抗转发式欺骗强度)、抗生成式欺骗性能校准结果(包括生成式欺骗告警时间、抗生成式欺骗强度)、抗入侵式欺骗性能校准结果(包括抗入侵式欺骗强度)、射频性能校准结果(包括射频关断隔离度)、信号切换性能校准结果(包括授时时间一致性)、生成信号的授时性能校准结果(包括时间偏差、时间保持偏差)。

在电力北斗时空安全隔离装置校准装置中,包括了多个测量仪器完成各参数的测量,如第7章各参数校准示意图所示,实例中给出了电力北斗时空安全隔离装置各参数校准的不确定度评估方法。

C.1 信号接收能力校准

C.1.1 接收信号功率范围校准

信号接收功率范围测量结果的不确定度来源见表C.1。

表C.1 不确定度主要来源

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	值/dB	分布	包含因子	标准不确定度/dB
u_1	GNSS信号模拟器	B	0.5	矩形	$\sqrt{3}$	0.29
u_2	GNSS接收机(时间测量型)	B	0.5	矩形	$\sqrt{3}$	0.29
u_3	测量重复性	A	0.1	--	1	0.1

参考以上主要不确定度来源,校准合成标准不确定度计算如式(C.1):

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \quad (C.1)$$

单次测量的合成标准不确定度为0.42dB。

扩展不确定度U(P)为0.84dB($k=2$)。

C.2 压制干扰告警性能校准

C.2.1 压制干扰告警门限校准

C.2.1.1 测量模型

压制干扰告警门限可由式(C.2)表示:

$$P_j = P_m - P_0 \quad (C.2)$$

式中, P_0 为GNSS信号模拟器播发的模拟真实卫星导航信号功率, P_m 为卫

星导航干扰信号模拟源播发的压制干扰信号功率，单位均为 dB。

校准合成标准不确定度计算如式 (C.3):

$$u_c(P_j) = \sqrt{u^2(P_m) + u^2(P_0)} \quad (C.3)$$

式中， $u^2(P_m)$ 和 $u^2(P_0)$ 分别是 P_m 和 P_0 的标准不确定度，单位为 dB。

C.2.1.2 不确定度来源

表 C.2 P_m 和 P_0 不确定度主要来源

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	值/dB	分布	包含因子	标准不确定度/dB
u_1	GNSS 信号模拟器	B	0.5	矩形	$\sqrt{3}$	0.29
u_2	卫星导航干扰信号模拟源	B	0.5	矩形	$\sqrt{3}$	0.29
u_3	测量重复性	A	0.1	--	1	0.1

C.2.1.3 不确定度评定

参考以上主要不确定度来源，单次测量的合成标准不确定度 $u_c(P_j)$ 为 0.42dB。

扩展不确定度 $U(P_j)$ 为 0.84dB ($k = 2$)。

C.2.2 压制干扰告警时间校准

压制干扰告警时间测量结果的不确定度来源见表 C.3。

表 C.3 不确定度主要来源

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	值/s	分布	包含因子	标准不确定度/s
u_1	电子秒表测量不确定度	B	0.2	正态	2	0.1
u_2	按开始键反应时间	B	0.5	矩形	$\sqrt{3}$	0.29
u_3	按停止键反应时间	B	0.5	矩形	$\sqrt{3}$	0.29
u_4	测量重复性	A	0.1	--	1	0.1

参考以上主要不确定度来源，校准合成标准不确定度计算如式 (C.4):

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} \quad (C.4)$$

单次测量的合成标准不确定度为 0.43s。

扩展不确定度 $U(T_j)$ 为 0.86s ($k = 2$)。

C.3 抗转发式欺骗性能校准

C.3.1 转发式欺骗告警时间校准

不确定度评定同 C.2.2。

C.3.2 抗转发式欺骗强度校准

不确定度评定同 C.2.1。

C.4 抗生成式欺骗性能校准

C.4.1 生成式欺骗告警时间校准

不确定度评定同 C.2.2。

C.4.2 抗生成式欺骗强度校准

不确定度评定同 C.2.1。

C.5 抗入侵式欺骗性能校准

C.5.1 抗入侵式欺骗强度校准

不确定度评定同 C.2.1。

C.6 射频性能校准

C.6.1 射频关断隔离度校准

C.6.1.1 测量模型

射频关断隔离度校准测量可由式 (C.5) 表示:

$$\Delta P_{RF} = P_0 - P_m \quad (C.5)$$

式中, P_0 为卫星导航干扰信号模拟源播发的压制干扰信号功率, P_m 为频谱分析仪测量时空安全隔离装置输出信号的带内积分功率, 单位均为 dBm。

校准合成标准不确定度计算如式 (C.6):

$$u_c(\Delta P_{RF}) = \sqrt{u^2(P_0) + u^2(P_m)} \quad (C.6)$$

式中, $u^2(P_0)$ 和 $u^2(P_m)$ 分别是 P_0 和 P_m 的标准不确定度, 单位为 dB。

C.6.1.2 不确定度来源

表 C.4 P_0 和 P_m 不确定度主要来源

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	值/dB	分布	包含因子	标准不确定度/dB
u_1	卫星导航干扰信号模拟源	B	0.5	矩形	$\sqrt{3}$	0.29
u_2	频谱分析仪	B	1	矩形	$\sqrt{3}$	0.58
u_3	测量重复性	A	0.1	--	1	0.1

C.6.1.3 不确定度评定

参考以上主要不确定度来源, 单次测量的合成标准不确定度 $u_c(\Delta P_{RF})$ 为 0.66dB。

扩展不确定度 $U(P_j)$ 为 1.32dB ($k = 2$)。

C.7 信号切换性能校准

C.7.1 授时时间一致性校准

C.7.1.1 测量模型

授时时间一致性校准测量可由式 (C.7) 表示:

$$\delta_T = |T_m - T_0| \quad (C.7)$$

式中, T_0 和 T_m 为分别为压制干扰信号播发前后, 时间间隔测量仪测量的 GNSS 信号模拟器输出的基准 1PPS 与 GNSS 接收机 (时间测量型) 输出的测量 1PPS 上升沿的时间差值。

C.7.1.2 不确定度来源

T_0 和 T_m 的不确定度主要来源见表 C.5。

表 C.5 T_0 和 T_m 不确定度主要来源

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	值/ns	分布	包含因子	标准不确定度/ns
u_1	参考时间频率源	B	2	正态	2	1
u_2	GNSS 信号模拟器	B	2	矩形	$\sqrt{3}$	1.15
u_3	GNSS 接收机 (时间测量型)	B	2	正态	2	1
u_4	时间间隔测量仪	B	1	正态	2	0.5
u_5	测量重复性	A	0.1	--	1	0.1

C.7.1.3 不确定度评定

参考表 C.5 主要不确定度来源, δ_T 的合成标准不确定度计算如式 (C.8):

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} \quad (C.8)$$

单次测量的合成标准不确定度 $u_c(\delta_T)$ 为 1.89ns。

扩展不确定度 $U(\delta_T)$ 为 3.78ns ($k = 2$)。

C.8 生成信号的授时性能校准

C.8.1 时间偏差校准

不确定度评定同 C.7.1。

C.8.2 时间保持偏差校准

不确定度评定同 C.7.1。