

团 体 标 准

T/ZKJXX 00002—2021

基于北斗的卫星共视授时终端技术规范

Technical specification for BDS satellite common-view timing
equipment

2021-08-10 发布

2021-08-10 实施

中关村空间信息产业技术联盟

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 卫星共视授时终端组成结构	2
6 卫星共视授时终端要求	3
6.1 功能要求	3
6.2 性能要求	4
6.3 数据要求	5
6.4 接口要求	5
6.5 环境适应性要求	5
6.6 电磁兼容要求	5
6.7 可靠性要求	5
附录 A（规范性） 实时共视数据协议	6
附录 B（规范性） 共视数据处理方法	8
附录 C（资料性） 卫星共视授时终端测试方法	9
参考文献	15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村空间信息产业技术联盟提出并归口。

本文件起草单位：中关村空间信息产业技术联盟、星汉时空科技（北京）有限公司、北京航天云星智能技术有限公司、北京九天利建信息技术股份有限公司、北京市计量检测科学研究院。

本文件主要起草人：张学良、刘阳琦、岳冬梅、李大志、邓黠、熊跃军、黄艳、仲崇霞。

基于北斗的卫星共视授时终端技术规范

1 范围

本文件规定了卫星共视授时终端组成结构、要求等内容。

本文件适用于利用基于北斗的卫星共视技术进行授时及相关产品的研制与应用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：低温

GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 37937—2019 北斗卫星授时终端技术要求

GB/T 37943—2019 北斗卫星授时终端测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

授时 timing

传递标准时间的过程和技术。

[来源：GB/T 39267—2020，定义2.1.3]

3.2

卫星共视时间传递 satellite common-view time transfer

以北斗卫星信号作为公共观测源，两地用户在同一时刻测量本地钟与相同卫星钟的时间差，经比较两地观测结果，计算得到两地时钟时间差的比对方法。

注：也称卫星共视时间比对，简称共视法。

[来源：GB/T 39411—2020，定义3.1.1]

3.3

卫星共视授时终端 satellite common-view timing equipment

通过卫星共视法接收并复现授时系统发播的标准时间的设备。

3.3

授时精度 timing accuracy

授时准确度 timing accuracy

输出时间与标准时间的偏差程度。

[来源：GB/T 37937—2019，定义3.1]

3.4

设备时延 time delay of equipment

共视授时终端的硬件时间延迟。

注：包括接收天线时延、电缆时延、主机单元时延（内部时延）。

[来源：GB/T 39411—2020，定义3.1.4]

4 缩略语

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

UTC:协调世界时 (Coordinated Universal Time)

UTC(k):由代号为k的时间实验室产生和保持的协调世界时 (Coordinated Universal Time(k))

BDS:北斗卫星导航系统 (BeiDou Satellite Navigation System)

GPS:全球定位系统 (Global Positioning System)

1PPS:秒脉冲 (1Pulse Per Second)

IRIG-B:靶场仪器组串行时间码B格式 (InterRange Instrumentation Group-B)

TOD:时间信息 (Time of Day)

GNSS:全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System)

GLONASS:俄语全球卫星导航系统 (GLObalnaya NAVigatsionnaya Sputnikovaya Sistema)

CGCS2000:2000中国大地坐标系 (China Geodetic Coordinate System 2000)

CGGTS:GNSS通用时间传输标准 (Common GNSS Generic Time Transfer Standard)

5 卫星共视授时终端组成结构

卫星共视授时终端利用互联网、5G等通信技术，实时将本机产生的共视数据，发送给共视数据处理端（平台或设备）；UTC(k)的共视数据也实时发送至数据处理端。数据处理端利用卫星共视数据处理方法，计算得到共视授时终端1PPS与UTC(k)的时间偏差，并将该偏差通过通信链路发送回共视授时终端，共视授时终端根据该偏差修正自身时钟，实现本机1PPS与UTC(k)的同步，完成UTC(k)本地的复现，从而达到卫星共视授时的目的。

如图1所示，基于北斗的卫星共视授时终端由卫星信号观测单元、外部数据传递单元、本地时间保持单元、信号输出单元组成。各模块主要功能如下：

- a) 卫星信号观测单元：利用本机生成的1PPS信号进行卫星共视观测，产生标准共视数据；
- b) 数据传递单元：将本机的共视数据实时发送到数据处理端，并接收数据处理端得到的本机1PPS与UTC(k)的时差；
- c) 本地时间保持单元：利用内置时钟（高稳晶振或铷原子钟）生成本地1PPS信号，并根据本机1PPS与UTC(k)的时差驯服本地时钟，复现标准时间；
- d) 信号输出单元：根据本地复现的标准时间信号，对外提供1PPS、10MHz、TOD等时间频率信号。

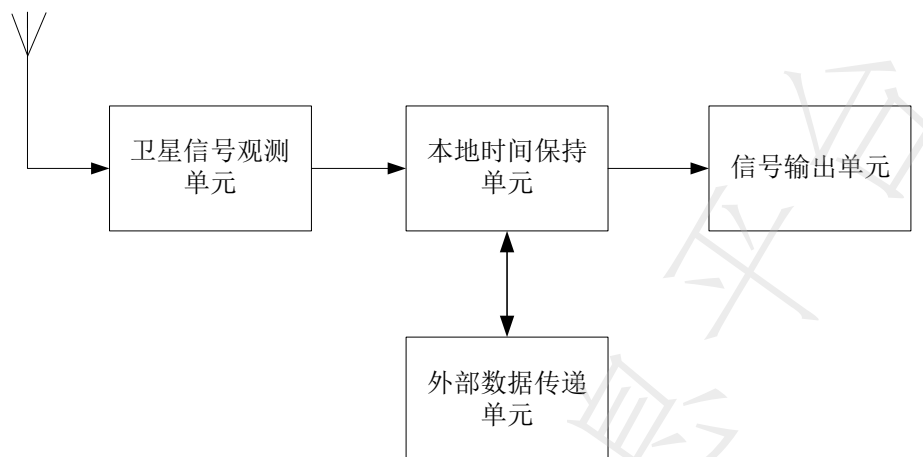


图1 卫星共视授时终端组成结构图

6 卫星共视授时终端要求

6.1 功能要求

6.1.1 共视授时功能要求

卫星共视授时终端应具备下列共视授时功能：

- 具有对 GNSS 导航卫星进行共视观测功能。以共视授时终端内部建立的 1PPS 时间信号为参考，观测与 GNSS 各卫星的星载钟之间的时差；
- 具备实时共视处理结果接收与处理功能。接收共视数据处理端返回的共视处理结果，并根据该结果驯服控制本地时间的输出；
- 具有实时共视数据输出与网络发送功能。实时共视数据可根据网络通信带宽情况，选择长报文或短报文协议（详见规范性附录），网络发送地址可配置；
- 具备共视数据（实时共视数据和标准 CGGTTS 格式共视数据）本地存储功能。每天自动生成一个数据文件，并具备数据导出功能；
- 具备单频、双频电离层和对流层时延修正功能。
- 具备设备时延修正、天线时延修正功能。设备时延和天线时延，必须经过校准测量后获得，测量不确定度要求小于 0.5ns；
- 具备固定坐标设置和坐标自定位功能。坐标采用 CGCS2000 大地坐标系或直角坐标系。

6.1.2 卫星单向授时功能要求

具有GNSS卫星授时接收功能，能够接收GNSS发播的授时信号，产生并输出标准时间。

6.1.3 输出信号要求

至少具有1PPS、10MHz信号输出功能，可选配IRIG-B、NTP、PTP、TOD信号输出。

6.1.4 显控功能要求

卫星共视授时终端应具备下列显控功能：

- a) 具有前面板液晶屏幕、按键，能够进行设备状态的查看和参数的设置，主页面显著显示当前设备时间，并可设置当前时区；
- b) 具有前面板指示灯，至少包含电源、GNSS 锁定、卫星共视数据和 1PPS 输出四种状态；
- c) 具备模块状态检测功能，并在异常时发出故障告警信息。

6.2 性能要求

6.2.1 接收频点要求

卫星共视授时终端应具有以下频点：

- a) BDS: B1, B2, B3;
- b) GPS: L1, L2, L5;
- c) GLONASS: L1、L2。

6.2.2 卫星共视授时精度要求

卫星共视授时精度： ≤ 5 ns。

6.2.3 卫星单向授时精度要求

卫星单向授时精度： ≤ 20 ns。

6.2.4 守时精度要求

卫星共视授时终端应满足以下守时精度：

- a) $10 \mu\text{s}/\text{d}$ （内置高稳晶振）；
- b) $1 \mu\text{s}/\text{d}$ （内置铷原子钟）。

6.2.5 1PPS 输出特性要求

1PPS输出信号应满足以下要求：

- a) 上升沿： ≤ 5 ns；
- b) 脉宽： $10 \mu\text{s}$ – 200 ms；
- c) 电平：TTL；
- d) 阻抗： 50Ω 。

6.2.6 10MHz 输出特性要求

10MHz输出信号应满足以下要求：

- a) 相对频率偏差： $\leq 1\text{E}-13$ （1天平均）；
- b) 频率稳定度： $\leq 3\text{E}-12/1\text{s}$ 。

6.2.7 IRIG-B 码授时精度要求

IRIG-B码授时精度应满足以下要求：

- a) B(DC)码授时精度： ≤ 50 ns；
- b) B(AC)码授时精度： $\leq 10 \mu\text{s}$ 。

6.2.8 网络授时精度要求

网络授时精度应满足以下要求：

- a) NTP 授时精度： ≤ 5 ms（局域网）；

b) PTP 授时精度： ≤ 100 ns（点对点）。

6.2.9 TOD 授时精度要求

TOD授时精度： ≤ 5 ms

6.3 数据要求

6.3.1 基本要求

卫星共视数据应符合下列要求：

- a) 卫星共视授时终端向共视数据处理端发送原始观测钟差数据频度：每秒1次；
- b) 共视数据处理端向卫星共视授时终端发送钟差改正数据频度：每秒1次；
- c) 原始观测钟差数据中，仰角低于25度的卫星数据不报送共视数据处理端。

6.3.2 数据格式

数据格式和输出内容要求，应符合附录A。

6.3.3 共视数据处理方法

共视数据处理端共视数据处理方法，见附录B。

6.4 接口要求

卫星共视授时终端应具备下列接口：

- a) 接收机应具备至少一个北斗卫星天线接口，接口类型TNC；
- b) 接收机应具备至少一个1PPS输出接口，接口类型SMA/BNC/TNC中的一种；
- c) 接收机应具备至少一个10MHz输出接口，接口类型SMA/BNC/TNC中的一种；
- d) 接收机应具备至少一个TOD输出接口，接口类型为RJ45/DB9中的一种；
- e) 接收机应具备至少一个网口，接口类型为RJ45。

6.5 环境适应性要求

环境适应性要求，按照 GB/T 37937—2019 中 11 的规定执行。

6.6 电磁兼容要求

电磁兼容性要求，按照GB/T 37937—2019中12的规定执行。

6.7 可靠性要求

可靠性要求，按照GB/T 37937—2019中13的规定执行。

附 录 A
(规范性)
实时共视数据协议

实时共视数据协议分为两类，一类是短协议，主要针对通信带宽较小的应用，一类是长协议，主要针对通信带宽较大的应用。

A.1 短协议格式规范

共视授时终端向共视数据处理端发送数据，数据包长根据卫星数量可变，协议见表A.1：

表A.1 共视授时终端向共视数据处理端发送的短协议数据格式表

包头	设备ID	数据时间	卫星数量	卫星1数据	卫星N数据	校验
2字节	4字节	4字节	1字节	6字节	6字节	1字节
字符	整型	整型	字符	数据结构	数据结构	字符
\$M	二进制数据	二进制数据	二进制数据	二进制数据	二进制数据	二进制数据

注1：设备ID：指授时终端唯一的ID号，必须为全数字，且至少8位。

注2：数据时间：当前数据发送的时间，时间取自于共视授时终端从GNSS上获取的钟面时。定义为从1970年1月1日0时0分0秒到当前的累积秒数，下同。

卫星数据的数据结构定义见表A.2：

表A.2 共视授时终端向共视数据处理端发送的卫星数据结构表

卫星号	REF-SV 时差
2字节	4字节
短整型	整型
二进制数据	二进制数据/0.1ns 分化率

注1：0.1ns分化率代表单位为0.1ns，比如协议中时差数值为152，则表示时差为15.2ns，下同。

注2：数据校验采用BCC检验（异或校验）的方式，即从首字节开始，逐个与后面每个字节进行异或操作，取最后结果作为校验值，下同。

注3：所有整型的二进制数据，均采用地位在前的定义方式，下同。

注4：REF-SV时差，指本地时间与卫星钟时间之差。

共视数据处理端向共视授时终端返回共视处理结果数据，数据包长固定15字节，协议见表A.3：

表A.3 共视数据处理端向共视授时终端返回的共视处理数据结构表

包头	设备ID	数据时间	钟差	校验
2字节	4字节	4字节	4字节	1字节
字符	整型	整型	整型	字符
\$R	二进制数据	二进制数据	二进制数据/0.1ns 分化率	二进制数据

注：钟差数据，这里定义为共视授时终端时间-标准时间，即共视授时终端时间为开门信号，标准时间为关门信号。

A.2 长协议格式规范

共视授时终端向共视数据处理端发送数据，数据包长根据卫星数量可变，协议见表A.4：

表A.4 共视授时终端向共视数据处理端发送的共视处理数据结构表

包头	设备 ID	数据时间	卫星数量	卫星 1 数据	卫星 N 数据	校验
4 字节	4 字节	4 字节	1 字节	14 字节	14 字节	1 字节
字符	整型	整型	字符	数据结构	数据结构	字符
\$MGTS	二进制数据	二进制数据	二进制数据	二进制数据	二进制数据	二进制数据

(1) 卫星数据的数据结构定义见表A.5：

表A.5 共视授时终端向共视数据处理端发送的卫星数据结构表

卫星号	方位角	俯仰角	REF-SV 时差	REF-SYS 时差
2 字节	2 字节	2 字节	4 字节	4 字节
短整型	短整型	短整型	整型	整型
二进制数据	二进制数据	二进制数据	二进制数据/0.1ns 分化率	二进制数据/0.1ns 分化率

注：REF-SYS时差，指本地时间与导航系统时间之差。

共视数据处理端向共视授时终端返回共视处理结果数据，数据包协议见表A.6：

表A.6 共视数据处理端向共视授时终端返回的共视处理结果数据结构表

包头	设备 ID	数据时间	共视卫星数量	卫星 1 共视结果	卫星 N 共视结果	校验
4 字节	4 字节	4 字节	1 字节	6 字节	6 字节	1 字节
字符	整型	整型	字符	数据结构	数据结构	字符
\$RGTS	二进制数据	二进制数据	二进制数据	二进制数据	二进制数据	二进制数据

卫星共视结果的数据结构定义见表A.7：

表A.7 共视数据处理端向共视授时终端返回的卫星共视结果数据结构

卫星号	REF-UTC(k)时差
2 字节	4 字节
短整型	整型
二进制数据	二进制数据/0.1ns 分化率

附 录 B
(规范性)
共视数据处理方法

北斗卫星共视授时终端输出的1PPS与标准时间UTC(k)的时差计算方法如下：
按公式(1)计算在i时刻的共视相对偏差。

$$\Delta_i = \frac{1}{10n} \sum_{k=i}^n (refsv_A^{k,i} - refsv_0^{k,i}) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Δ_i ——卫星共视授时终端输出时间与标准时间UTC(k)在i时刻的钟差,单位为ns；

n——卫星共视授时终端与标准时间UTC(k)在i时刻观测到的相同卫星的个数；

$refsv_A^{k,i}$ ——在i时刻测得的卫星共视授时终端与卫星k播发的星载钟的时差测量值,单位为0.1ns；

$refsv_0^{k,i}$ ——在i时刻测得的UTC(k)与卫星k播发的星载钟的时差测量值,单位为0.1ns。

附录 C
(资料性)
卫星共视授时终端测试方法

C.1 测试环境

C.1.1 气候环境

除另有特殊规定外，所有测试都应在测试用标准大气条件下进行：

- a) 温度：15 °C～35 °C；
- b) 相对湿度：25%～35%；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

C.1.2 测试场地

天线放置位置应无强电磁干扰源，如通信基站、雷达等，并空旷无遮挡。

C.2 测试设备

测试设备应经过计量检定合格，并在有效期内。主要测试设备及要求见表C.1。

表 C.1 测试设备要求表

序号	设备名称	设备要求
1	通用计数器	测量范围：1ns～10s，有外接频标功能。
2	标准时间信号源	具有UTC(k)秒脉冲和时间信息输出。
3	共视基准设备	能以外输入1PPS为参考进行共视观测，并能通过网络实时传递共视观测数据(1秒1次)。
4	标准频率源	稳定度指标优于被测指标三倍以上。
5	频标比对器	频标比对器引入的测量不确定度应优于被检频率稳定度的3倍。
6	示波器	测量带宽大于500MHz

C.3 功能测试

C.3.1 共视授时功能

C.3.1.1 对GNSS导航卫星进行共视观测功能

查看终端与GNSS导航卫星的共视观测数据是否输出和保存。

C.3.1.2 实时共视处理结果接收与处理功能

查看终端是否实时接收共视数据处理端返回的共视处理结果，并根据该结果驯服控制本地时间的输出。

C.3.1.3 实时共视数据输出与网络发送功能

在终端上设置接收共视数据的共视数据处理端的IP地址，查看共视数据处理端是否收到终端发送的共视数据。

C.3.1.4 实时共视处理结果本地存储功能

查看终端是否每天存储一个共视处理结果的数据文件。

C.3.1.5 单频、双频电离层和对流层时延修正功能

查看终端是否具有单频、双频电离层和对流层时延修正功能。

C.3.1.6 设备时延时延、天线时延修正功能

进行设备时延和天线时延设置和保存功能验证。

C.3.1.7 固定坐标设置和坐标自定位功能

分别采用输入位置坐标方式或授时终端自主定位方式，进行天线相位中心坐标设置和保存功能验证。

C.3.2 卫星单向授时功能

卫星单向授时功能测试按照GB/T 37943—2019中8.2.1的规定执行。

C.3.3 输出信号功能

对1PPS、10MHz、IRIG-B码输出信号功能的测试按照GB/T 37943—2019中8.2.3的规定执行。

对TOD输出信号功能的测试按照GB/T 37943—2019中8.2.4的规定执行。

C.3.4 显控功能

进行设备各项显控功能验证。

C.4 性能测试

C.4.1 卫星接收频点

进行卫星接收频点验证。

C.4.2 GNSS卫星共视授时精度

- a) 将被测设备与共视基准设备的天线安装在一起（或者采用同一个天线通过功分给两台设备）、周围开阔无遮挡、无射频干扰且CGCS2000坐标已知的位置上，并按图C.1连接设备；

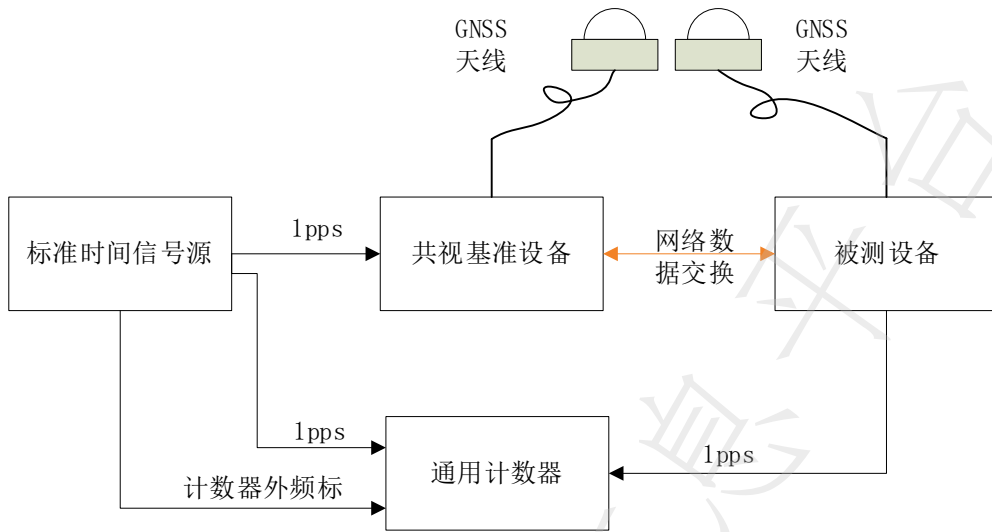


图 C.1 共视授时精度测试设备连接图

- b) 将共视基准设备和被测设备输出的1PPS，分别接入到计数器中；
- c) 将共视基准设备和被测设备通过网络交换机或者网线直接进行网络连接；
- d) 将共视基准设备从标准时间信号源接入本地标准时间信号，并设置在外1PPS触发的共视模式；
- e) 开机后，按设备产品规范，对共视基准设备和被测设备输入正常工作所需的技术参数(天线坐标、设备时延和参考信号电缆时延等)；
- f) 待被测设备输出1PPS，能够正常获取共视基准设备的共视数据，并稳定运行后，开始测量(进入稳定工作状态的时间由产品标准规定)；
- g) 利用计数器连续采集24h数据，并进行数据处理，详见数据处理方法。
- h) 按式(2)计算共视授时精度。

$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta_i^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

s——测量结果的均方根；

N——测量结果中数据的数目；

Δ_i ——测量结果中的第i个数据。

C.4.3 GNSS卫星单向授时精度

GNSS 卫星单向授时精度测试按照 GB/T 37943—2019 中 8.3.1 的规定执行。

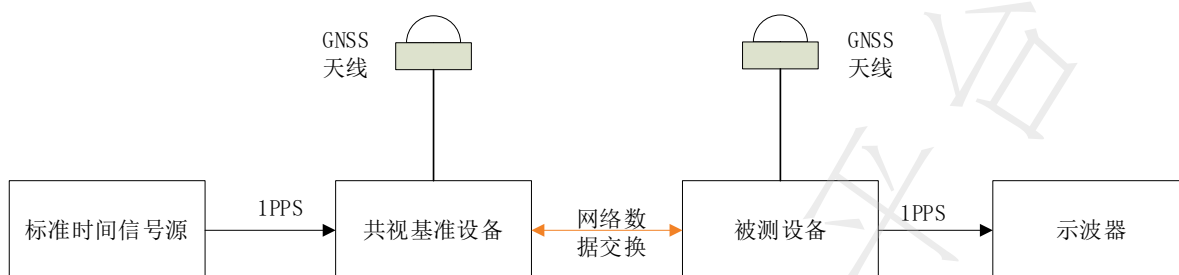
C.4.4 守时精度

按照本文件中 C.4.2 a) ~f) 连接并设置设备，待测设备进入稳定工作状态 24h 后，中断卫星信号接收 24h，在这 24h 内用计数器测量两个 1PPS 信号的时间间隔。若出现错误，则判断该项测试无效；若无错误，则对 24h 内时间间隔测量值取绝对值并按照从大到小的顺序排序，最大值即为 24h 的守时精度。

C.4.5 1PPS信号特性

按图 C.2 所示连接测试设备，将被测设备输出的 1PPS，接入示波器中，将共视基准设备和被测设备通过网络交换机或者网线直接进行网络连接，将共视基准设备从标准时间信号源接入本地标准时间

信号，并设置在外 1PPS 触发的共视模式。



图C.2 1PPS信号测试设备连接图

开机后，按设备产品规范，对共视基准设备和被测设备输入正常工作所需的技术参数(天线坐标、设备时延时延和参考信号电缆时延等)，待被测设备输出 1PPS，能够正常获取共视基准设备的共视数据，并稳定运行后，用示波器测量被测设备输出 1PPS 的特性。

C.4.6 相对频率偏差

按照本文件中 C.4.2 a)~f) 连接并设置设备，待测设备进入稳定工作状态后，用计数器测量两秒脉冲的时间间隔 (T_1)，相隔时间 τ 后再测量一次，测得两秒脉冲的时间间隔 (T_2)，按式 (3) 计算 T_1 与 T_2 之间的时差 ΔT ，按式 (4) 计算相对频率偏差 (R_f)。

$$\Delta T = |T_1 - T_2| \dots\dots\dots (3)$$

式中：

ΔT ——时差，单位为秒 (s)；

T_1 ——前一次测量的时间间隔，单位为秒 (s)；

T_2 ——后一次测量的时间间隔，单位为秒 (s)；

$$R_f = \frac{\Delta T}{\tau} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

R_f ——相对频率偏差；

ΔT ——时差，单位为秒 (s)；

τ ——取样时间，单位为秒 (s)。

C.4.7 频率稳定度

按图 C.3 所示连接测试设备，将被测设备输出的频率信号和参考频率信号分别接入频标比对器的测量端口和参考端口中，将共视基准设备和被测设备通过网络交换机或者网线直接进行网络连接，将共视基准设备从标准时间信号源接入本地标准时间信号，并设置在外 1PPS 触发的共视模式。

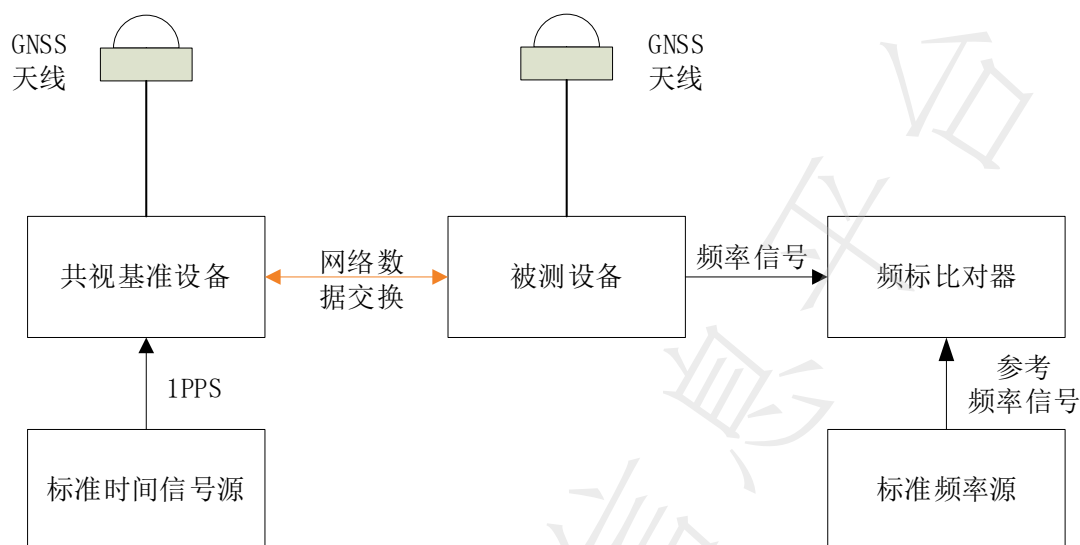


图 C.3 频率稳定度测试设备连接图

开机后，按设备产品规范，对共视基准设备和被测设备输入正常工作所需的技术参数（天线坐标、设备时延和参考信号电缆时延等），待被测设备输出频率信号，能够正常获取共视基准设备的共视数据，并稳定运行后，用频标比对器测量被测设备输出频率的秒稳定度。

C.5 环境测试

环境试验中的初始检测、中间检测和最后检测项目见表 C.2。

表 C.2 环境适应性检测项目

序号	检测项目	测试方法章条号	说明
1	GNSS 卫星共视授时精度	C.4.2	测试时间为 1h
2	GNSS 卫星单向授时精度	C.4.3	测试时间为 1h
3	GNSS 卫星共视观测功能	C.3.1	
4	GNSS 卫星单向授时接收功能	C.3.2	

C.5.1 高温工作

高温工作试验方法按照 GB/T 2423.2 规定的方法进行测试。其中温度稳定时间为 2h，恢复时间为 2h，中间检测项目按表 C.2 中序号 1、序号 2 进行，初始检测和最后检测项目按表 C.2 中各项目进行。

C.5.2 低温工作

低温工作试验方法按照 GB/T 2423.1 规定的方法进行测试。其中温度稳定时间为 2h，恢复时间为 2h，中间检测项目按表 C.2 中序号 1、序号 2 进行，初始检测和最后检测项目按表 C.2 中各项目进行。

C.5.3 高温贮存

高温贮存试验方法按照 GB/T 2423.2 规定的方法进行测试。其中温度稳定时间为 2h，恢复时间为 2h，试验时间为 16h，初始检测和最后检测项目按表 C.2 中各项目进行。

C.5.4 低温贮存

低温贮存试验方法按照 GB/T 2423.1 规定的方法进行测试。其中温度稳定时间为 2h，恢复时间为 2h，试验时间为 16h，初始检测和最后检测项目按表 C.2 中各项目进行。

C.5.5 湿热

湿热试验方法按 GB/T 2423.3 规定的方法进行测试。试验持续时间 48h，初始检测和最后检测项目按表 C.2 中各项进行。

C.6 电磁兼容测试

电磁兼容测试，按照 GB/T 37943—2019 中 8.6 的规定执行。

C.7 可靠性测试

可靠性测试，按照 GB/T 37943—2019 中 8.7 的规定执行。

参 考 文 献

- [1] GB/T 39267—2020 北斗卫星导航术语
[2] GB/T 39411—2020 北斗卫星共视时间传递技术要求
-

全国团体标准信息平台