



GNSS 卫星共视接收机 使用维护说明书

2023 年 10 月

目 录

1 概述	1
2 引用文件	1
3 主要技术参数	2
3.1 功能说明	2
3.2 性能指标	2
3.3 接口说明	3
3.4 环境适应性	4
4 设备组成、结构特征及其工作原理	4
4.1 设备组成	4
4.2 工作原理	5
4.3 设备结构尺寸及重量	8
5 安装及调试	9
5.1 主机安装	9
5.2 天线安装位置选择	9
5.3 天线的安装	10
5.4 主机调试	11
6 使用及操作	11
6.1 外观检查	11
6.2 设备接口说明	11
6.3 设备工作使用流程	12
7 维护、保养	13

8 故障分析与排除	13
9 安全防护措施及注意事项	14
10 运输、贮存	15
11 国产化控制	15
11.1 公司研发实力	15
11.2 元器件、组件自主可控	15
11.3 软件自主可控情况	21
12 其他	22

1 概述

GNSS 卫星共视接收机接收北斗、GPS 等卫星信号，内置高性能铷钟，利用卫星共视技术实现远距离高精度时间频率测量，设备可接收外部 10MHz、1PPS 信号，输出 1PPS、时码等信号，计算本地卫星钟差，保存 GGTTS 标准共视文件，通过各个站点的卫星共视文件，计算出站间相对时间频率偏差。



2 引用文件

GJB150	《军用设备环境试验方法》
GJB 2242-94	《时统设备通用规范》
GJB 2786A-2009	《军用软件开发通用要求》
GJB2991A-2008	《B 时间码接口终端通用规范》
GJB367A-2001	《军用通信设备通用规范》
GJB368B-2009	《装备维修性工作通用要求》
GJB 438B-2009	《军用软件开发文档通用要求》
GJB450A-2004	《装备可靠性工作通用要求》
GJB451A-2005	《可靠性维修性保障性术语》

GJB900-1990	《系统安全性通用大纲》
GJB9001B—2009	《武器装备质量体系认证证书》
GJB/Z94-1997	《军用电气系统安全设计手册》
GJB/Z99-1997	《系统安全工程手册》

3 主要技术参数

GNSS 卫星共视接收机功能、指标、接口及使用环境如下：

3.1 功能说明

- 1) 具备跟踪 BDS B1I、B1C、B2a、B3I, GPS L1 C/A、L2P 信号, GLONASS P1、P2 信号, Galileo E1、E5a 信号的功能;
- 2) 通道数: ≥ 216 ;
- 3) 测量精度: 伪距精度 10 cm, 载波精度 1 mm (RINEX 数据, 共钟零基线差分);
- 4) 扼流圈天线增益: 40 dBi;
- 5) 测量数据: CGGTTS V2E 标准格式数据;
- 6) 具备格式器钟和氢钟比对测量功能;
- 7) 具备抗多径干扰的功能;
- 8) 在测站具备互联网或者移动互联网时, 具备全天时、全天候的数据传输功能; 在不具备网络环境时, 可选用其他手段进行数据传输;
- 9) 具备计算每次数据扫描开始时刻的格式器钟差值的功能;
- 10) 具备无人值守、连续、自主运行的功能。

3.2 性能指标

- 1) 共视比对不确定度: ≤ 2 ns RMS (CGGTTS 数据, 共钟零基线);

- 2) 站间时间比对精度优于 3 ns;
- 3) 各站格式器钟与测站氢钟的比对精度优于 3 ns;
- 4) 卫星共视接收机频率测量分辨率优于 1E-12;
- 5) 时钟比对服务系统数据存储容量不小于 4 TB;
- 6) 并发接收数据通道不少于 6 路;
- 7) 标准共视文件 (CGGTTS V2E 格式) 输出:

GPS: L1C、L1C&L2P;

BDS: B1I、B1C、B1I&B3I、B1C&B2a;

Galileo: E1、E1&E5a;

GLONASS: P1、P1&P2。

3.3 接口说明

序号	接口说明	数量	电平	连接器
1	USB 接口	2	-----	USB
2	VGA 接口	1	-----	VGA
3	北斗卫星接收	1	-----	TNC
4	监控网口 (数据导出)	1	-----	RJ45
5	10MHz 输入	1	正弦	BNC
6	10MHz 输出	1	正弦	BNC
7	1PPS 输入	2	TTL	BNC
8	1PPS 输出	2	TTL	BNC
9	时码输出	2	RS422/RS232	DB9

10	电源供电	1	AC220v	
----	------	---	--------	--

3.4 环境适应性

工作温度：-20℃~+45℃

存储温度：-40℃~+85℃

4 设备组成、结构特征及其工作原理

4.1 设备组成

GNSS 卫星共视接收机由主机设备、卫星接收天线（含馈线）、设备配套软件和相关文档组成。

主机设备包含时码产生测量模块、计算存储模块、铷钟模块、卫导接收机模块、电源模块等，时码产生测量模块接收并解析卫导接收机卫星信号，产生本地基准时间、脉冲，测量外部 1PPS 等；铷钟提供频率基准，计算存储模块负责共视数据计算、文件生成、存储、输出等；电源模块为各个单元提供供电。

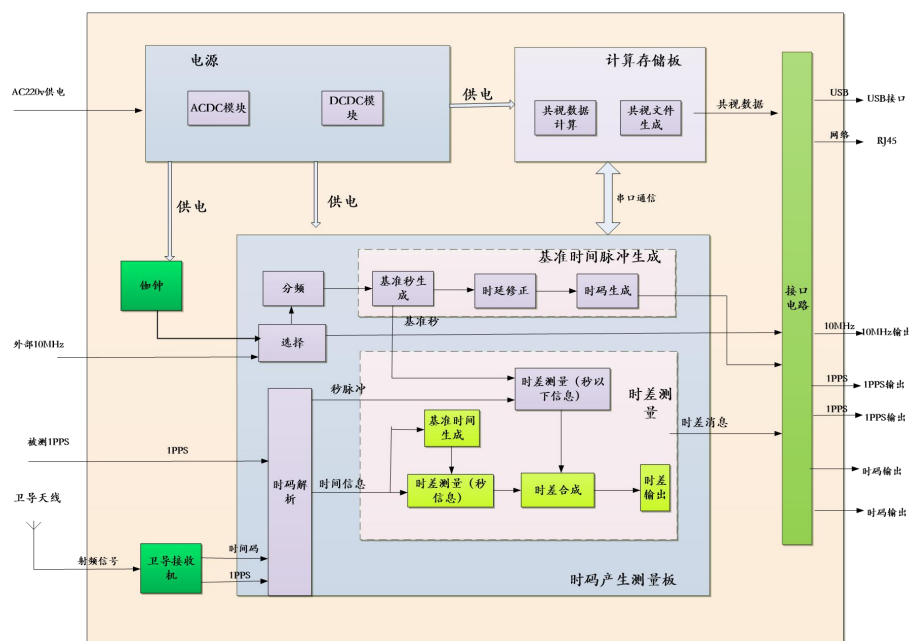


图 1 产品组成图

4.2 工作原理

卫星共视技术是在同一时刻观测同一组 GPS/北斗卫星，利用卫星共视时间同步原理计算两地时间偏差。在地球上任何两个地点的设备可以利用同时收到的同一组卫星的时间信号进行时间比对。

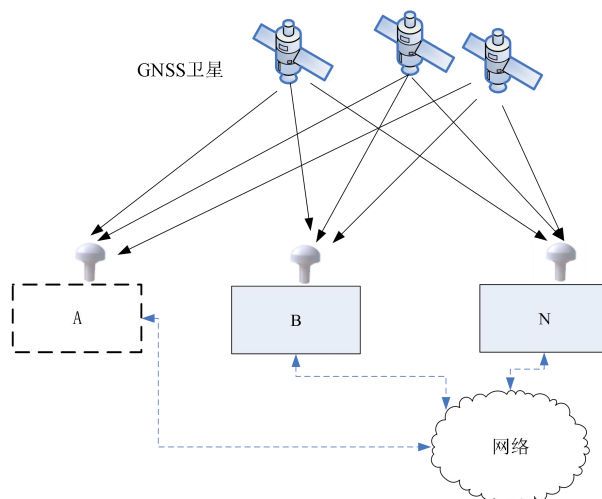


图 2 卫星共视原理框图

理想情况下，假设 GPS/北斗接收机分别置于两个已知位置 A 和 B，在同一时刻观测同一颗卫星 i 。于是有：

$$\Delta t_{iA} = (t_i - t_A) = \text{钟 A 和卫星 } i \text{ 的钟差} \quad \text{——式 (1)}$$

$$\Delta t_{iB} = (t_i - t_B) = \text{钟 B 和卫星 } i \text{ 的钟差} \quad \text{——式 (2)}$$

两式做差可得 A、B 两站的钟差：

$$\Delta t_{iA} - \Delta t_{iB} = (t_i - t_A) - (t_i - t_B) = t_B - t_A = t_{AB} \quad \text{——式 (3)}$$

在实际的应用中，由于 GPS/北斗信号在传递中的路径时延，对 GPS/北斗共视原理的分析如下图所示：

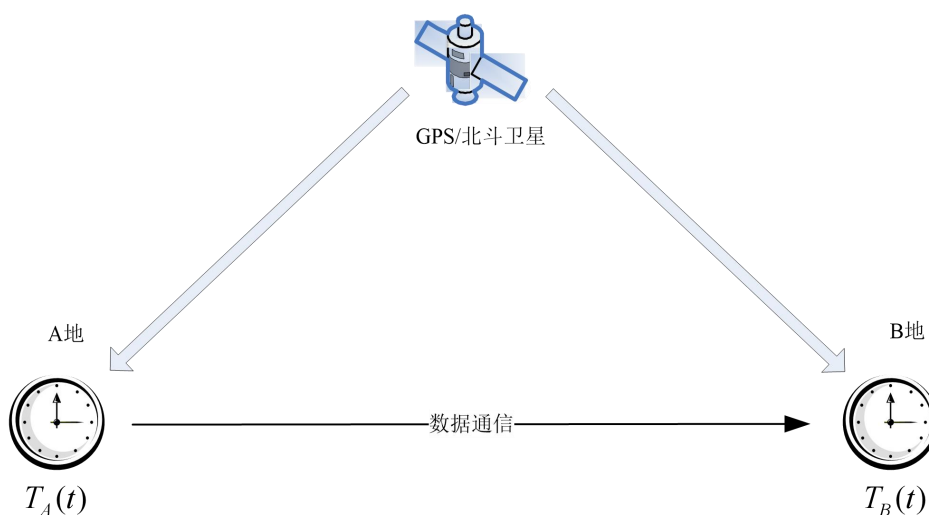


图 3 GPS/北斗共视原理示意图

设 A 地点的钟时间为 t_A ，B 地点的钟时间为 t_B ，GPS 时间为 t_{GPS} ， d_A 和 d_B 为卫星到 A、B 两地的路径延迟。精确测量 A、B 两地时差的原理如下：

两地的 GPS/北斗共视接收机在同一时刻接收同一颗 GPS/北斗卫星信号，把接收机输出代表 GPS/北斗时间的秒脉冲送至高精度的时间间隔测量模块，与本地钟输出的秒脉冲比对，从而得到 A、B 两地接收机与相同卫星的时差计数 Δt_{AGPS} 和 Δt_{BGPS} ，分别表示为式(4)和式(5)：

$$\Delta t_{AGPS} = t_A - (t_{GPS} + d_A) \quad \text{——式(4)}$$

$$\Delta t_{BGPS} = t_B - (t_{GPS} + d_B) \quad \text{——式(5)}$$

把 A、B 两地的数据通过通讯网传到对方的计算机中，其中 d_A 和 d_B 可以通过卫星星历计算得到，然后式(4)和式(5)相减可得两地之间的时间差，如式(6)所示。

$$\begin{aligned} \Delta t_{AGPS} - \Delta t_{BGPS} &= (t_A - t_{GPS} - d_A) - (t_B - t_{GPS} - d_B) \\ &= (t_A - t_B) - (d_A - d_B) \quad \text{——式(6)} \end{aligned}$$

可见，共视可去掉 GPS/北斗星钟的影响，消除大部分的路径附加时延影响，就可以获得两地时间的相对偏差，具体软件处理流程如下图所示：

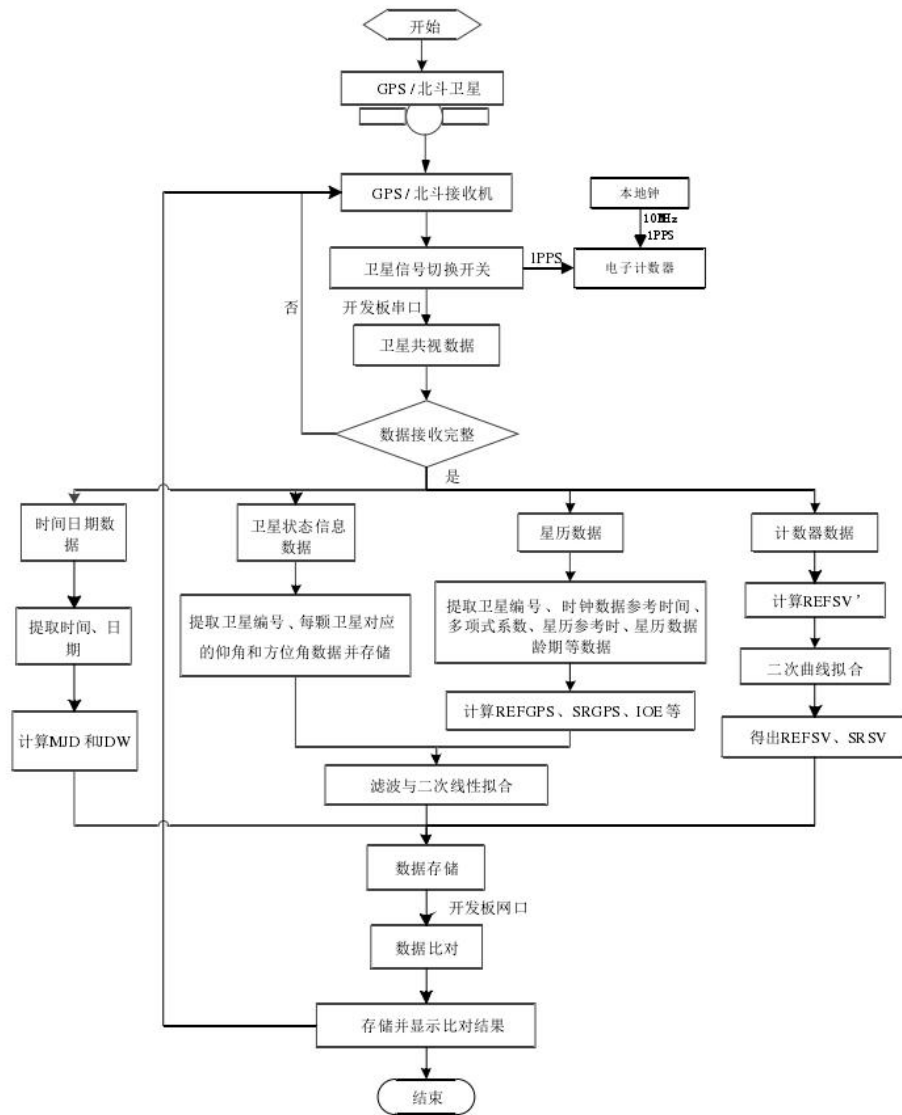


图 4 GPS/北斗共视软件处理流程图

按照国际标准 GGTS 技术指南的规定，当利用卫星接收机输出的 1PPS 信号进行共视比对时，每次跟踪 GNSS 卫星时间为 780s。时间间隔测量单元从共视时刻开始，每秒测量一次本地守时设备 1PPS 与卫星接收机输出的 1PPS 的时差值 $X(t_i)$ ，连续采集测量 13min，得到 780 个测量值 ($i=1, 2, \dots, n, \dots, 780$)。每 15s 的数据 $X(t_j)$ 用最小二乘法进行二次项拟合 ($j=1, 2, \dots, m, \dots, 15$)，计算出该测量时间段中点的拟合值：

$$\hat{X}(t_8) = \hat{X}_0(t_j = 0) + \hat{a}t_j + \frac{1}{2}\hat{b}t_j^2 \quad \text{——式 (7)}$$

共得到 52 个时差拟合值 $X(t_k)$ ，再进行最小二乘法线性拟合 ($k=1, 2, \dots$ ，

$p, \dots, 52)$

$$\hat{X}(t_k) = \hat{X}_0(t_k = 0) + \hat{A}t_k \quad \text{——式(8)}$$

利用 $i = 8 + 15(k - 1)$ 和 $k = \frac{i+7}{15}$ 可求出任意 t_i ，时刻的测量拟合值 $\hat{X}(t_i)$

$$\hat{X}(t_i) = \hat{X}_0(t_k = 0) + \hat{A}\frac{t_i+7}{15} \quad \text{——式(9)}$$

计算 $i=1$ 时，即共视测量时刻起点时刻(UTC)的测量拟合值，作为该 13min 的测量结果，也是共视比对交换数据的测量值。

此拟合值的标准偏差为：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p [X(t_i) - \hat{X}(t_i)]^2}{p-2}} \quad \text{——式(10)}$$

取 $i = 15k - 7$ ($k = 1, 2, \dots, p, \dots, 52$)，当 13min 数据全部有效时， $p = 52$ 。

4.3 设备结构尺寸及重量

GNSS 卫星共视接收机前面板为人机交互接口，包括液晶显示屏、指示灯、USB 接口、VGA 接口，可在前面板对设备状态以及工作模式进行查看、设置；也可方便连接显示器查看状态，设备后面板为信号接口。

设备外形符合国标基本尺寸系列，为标准 19 英寸 2U 上架尺寸，外表面黑色和灰色交替，设备采用模块化设计，功能模块组合装配成整机。机箱盖板及底板作为主要的箱体组件，选用优质钢板折弯成型，保证良好的结构刚性，可满足设备的抗振动及冲击要求，并具有加工方便快捷，便于批量生产的特点。设备内部的安装件均采用优质防锈铝材铣削加工成型，具有质量小(小于 10kg)、强度高、耐腐蚀等优点。

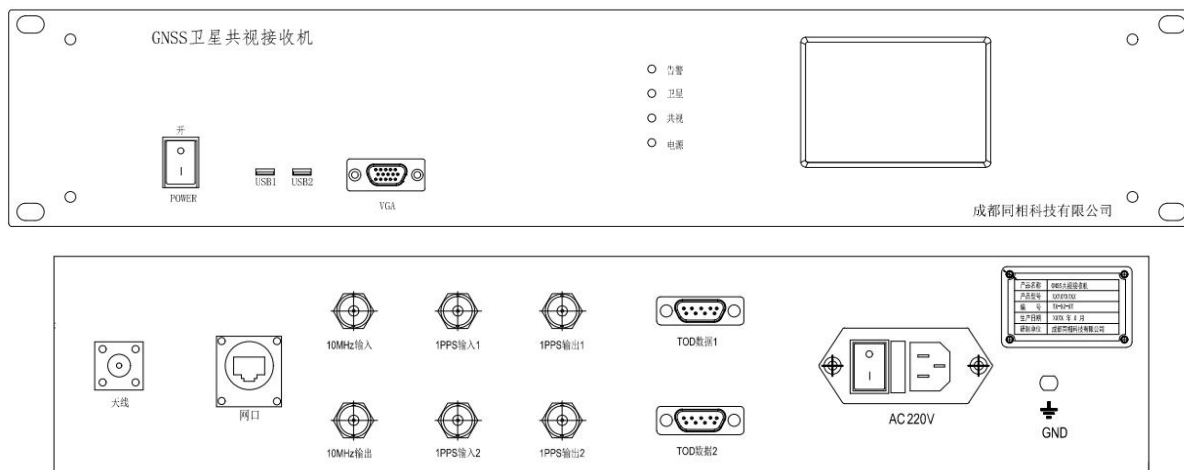


图 5 设备外形图

5 安装及调试

5.1 主机安装

在安装设备前进行外观目测检查，检查机箱有无变形或缺失、输入输出接口有无损坏，设备内部有无异响，如有以上异常请勿通电，及时与本公司联系。

如若主机设备目测正常，连接电源线、卫星接收天线、输出线缆等。

打开主机设备电源开关，等待铷钟锁定，观察卫星接收是否正常，设备时间是否正确，通过设备软件查看输入输出状态是否正常。

5.2 天线安装位置选择

如图 6 所示，示意了天线安装位置。天线安装需要注意一下几方面：

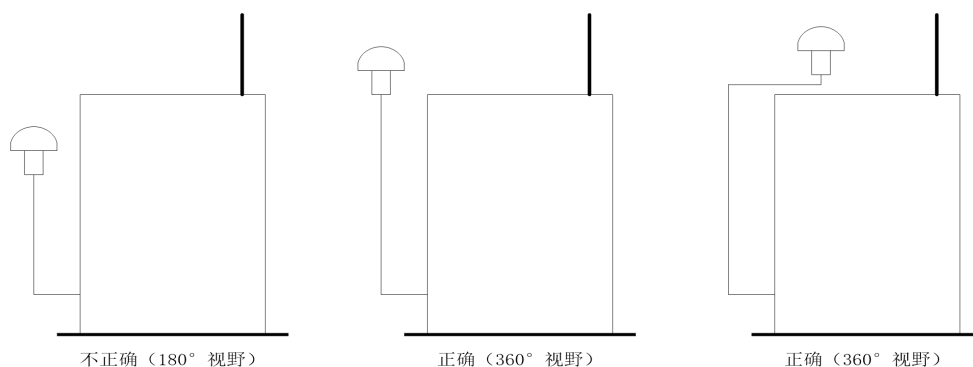


图 6 天线安装示意图

- (1) 卫星信号天线应安装在较开阔的位置上，保证周围俯仰角 30 度内不能有较大的遮挡物（如树木，铁塔，楼房等）。同时，要保证天线位于避雷针保护范围内，天线不应是区域内的最高点。
- (2) 为避免反射波的影响，卫星信号天线尽量远离周围尺寸大于 20cm 的金属物 2m 以上。
- (3) 由于卫星出现在赤道的概率大于其他地点，对于北半球，应尽量将卫星信号天线安装在安装地点的南边。
- (4) 不要将卫星信号天线安装在其他发射和接收设备附近，避免其他发射天线的辐射方向对准卫星信号天线。
- (5) 两个或多个卫星信号天线安装时要保持 2m 以上的间距，建议将多个卫星信号天线安装在不同地点，防止同时受到干扰。

5.3 天线的安装

通过蘑菇头上的螺纹将蘑菇头安装在支架上，或通过拧紧锁紧环套上的螺丝的方式将蘑菇头安装在支架上，如图 5-4 所示。



图 7 天线安装

为避免线缆晃动导致接头松动，应该用胶带将线缆与支架的下端固定，并将线缆固定于支架上。线缆与支架的固定应该留有一定余量（可以取 10cm 或更长），以防止在冬季，线缆因温度降低收缩导致线缆被拉坏。

5.4 主机调试

完成 GNSS 卫星共视接收机设备和天线安装后，打开设备电源，通过显示屏查看铷钟是否锁定，卫星接收状态，卫星信号强弱，查看设备输入和输出状态。设备是否正常走钟，并且接收到卫星信号，时间更新到正确时间。

6 使用及操作

6.1 外观检查

在使用设备前进行外观目测检查，检查机箱有无变形或缺失、输入输出接口有无损坏，设备内部有无异响，如有以上异常请勿通电，及时与本公司联系。

6.2 设备接口说明

设备包含前面板接口和后面板接头，前面板主要是查看设备状态接口，后面板是设备输入和输出信号接口、以及电源接口。

设备前面板从左至右分别是电源按钮、2 路 USB 接口、1 路 VGA 接口，中间是四个指示灯，分别是告警、卫星状态、共视状态、电源状态，右边是一个液晶显示屏，显示设备工作状态和配置参数。



图 8 设备前面板

设备后面板主要是设备信号输入输出接口，具体定义和功能如下：

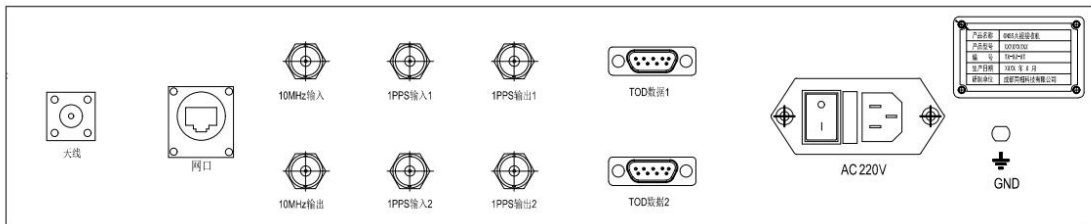


图 9 设备后面板图

序号	接口说明	数量	功能	连接器
1	北斗卫星接收	1	接收 GNSS 卫星信号	TNC
2	监控网口（数据导出）	1	设备监控，数据导入导出	RJ45
3	10MHz 输入	1	外部频率源接入	BNC
4	10MHz 输出	1	本地时钟输出	BNC
5	1PPS 输入	2	外部 1PPS 接入	BNC
6	1PPS 输出	2	本地 1PPS 输出	BNC
7	时码输出	2	时间码、位置信号输出	DB9
8	电源供电	1	AC220v	

6.3 设备工作使用流程

GNSS 卫星共视接收机工作流程分为“卫星信号接收校准——共视计算和文件生成——共视数据比对——定期保养维护”三部分，其流程如下：

a) 卫星信号接收校准：设备上电后，连接卫星天线，在原子钟预热完成后（小于 5min），接收到卫星信号后，完成对时间参考的溯源，利用卫星秒对本地秒进行同步，并获取参考时间信息，完成对设备时间的校准（时长小于

15 秒)；参考秒对设备内部原子钟进行驯服，校准原子钟频率（时长小于 30 分钟），此时设备输出 10MHz、1PPS、时间码等信号。

b) 共视计算和文件生成：当设备完成卫星信号接收并校时校频后，设备利用本地卫星数据，计算卫星共视需要的共视数据，并按照国际标准保存到本地计算存储单元。

c) 共视数据比对：经过一定时间共视计算并产生共视文件后，通过 USB 或者网口将卫星共视文件导出，通过计算机对应软件比对设备间的钟差。

d) 定期维护保养：设备定期（建议每年）连接天线对设备频率组件（铷钟）进行自校准工作。

7 维护、保养

GNSS 卫星共视接收机作为专用的设备，需要按照设备使用说明书进行，维护的主要内容是清洁、通电检查以及定期检定。

定期进行设备的维护保养工作，禁止连接超过设备最大负载的信号接入，严格遵守安全操作规程；仪器出现故障，应马上停机，防止故障扩大，并记录故障时间、原因以及具体现象。

严禁擅自拆卸和改造设备。

设备使用结束后，应检查仪器和配件的完好，做好保养、清洁工作，放回原位；做好防尘、防潮、防锈等工作。

设备定期（建议每年）连接天线对设备频率组件进行自校准工作。

8 故障分析与排除

序号	故障现象	故障原因分析	排查方法及注意
1	上电无反应	电源未连接	使用万用表测试一下座子是否有供电
2	接入输入信号无反应	外部信号没有输入成功	确定外部信号正确输入
		模块故障	返厂维修
3	外部信号输入后设备指标很差	确定外部输入信号的指标	外部卫星天线位置是否符合要求，输入时码是否正常。
		模块故障	返厂维修
4	没有输出信号	确定是否没有信号输出	使用示波器测试一下座子是否有信号
		模块故障	返厂维修

9 安全防护措施及注意事项

- a) 安装、拆换或互换产品时切断电源；
- b) 安装卫星天线时，注意采取防止人员跌落的措施；
- c) 工作前检查电源电压，复核电源电压情况，检查设备电源线、插头、插座的完好情况；
- d) 在设计上考虑要求相似配置的插头及插座的地方，配对的插头及插座有适当的编号及标志，有防插错设计；
- e) 接口有保护设计，防止对其它设备造成短路因而损坏其它设备；
- f) 对于使用人员能触到的设备、可接触件均不带电，保障人身安全；
- g) 结构设计上避免有可能伤人的尖锐边缘、尖角或突出物；
- h) 当设备发出异常声响、气味、烟雾时，马上断开电源开关，确保人员

和设备安全，待排除故障后再进行加电检测。

10 运输、贮存

产品采用专用包装箱运输，箱内有防振软泡沫衬垫，确保产品在运输过程中不被损坏，产品在运输时应水平摆放，严禁淋雨。

贮存产品的位置应具有良好的通风环境，并保持环境干燥，室内无酸碱及腐蚀性气体，无强力的振动或撞击。

11 国产化控制

11.1 公司研发实力

11.2 元器件、组件自主可控

GNSS 卫星共视接收机关键组件为公司自主研发，设备选用的关键元器件、组件均为国产自主可控。

表 3 关键元器件、组件自主可控情况

序号	名称	型号	研制厂家	备注
----	----	----	------	----

1	铷原子钟	STM-Rb-N	成都同相科技有限公司	国产
2	存储器	EFM25F128A	上海复旦微电子集团有限公司	国产
3	集成电路	MY7045	上海复旦微电子集团有限公司	国产
4	北斗卫星导航接收机	UB4B0	北斗星通	国产
5	GNSS 接收天线	GPS1000	华信天线	国产
6	电源模块	XHDX110-222 8D-T	成都芯源宏创科技有限公司	国产
7	计算存储主板	GM9-3653	龙芯	国产

除上述关键元器件、组件外，设备内部模块集成均为自主研制，相关技术自主可控。

1) 元器件选用原则及质量控制

a) 按照技术要求规定选用元器件，包含高低温存储、高低温工作要求，以及元器件热阻等；

b) 按照公司合格供方名录进行采购；

c) 采购回的元器件及原材料按照公司《进货检验规范》进行入厂检验，检验合格的元器件和原材料办理入库手续；

2) 元器件质量等级

本方案采用的元器件质量等级参照表 14。

表 14 元器件质量等级

元器件种类	国产元器件（GJB/Z299C）
半导体单片集成电路	B1 及其以上等级
混合集成电路	L 及其以上等级
半导体分立器件	B1 及其以上等级
电阻器、电容器	B1 及其以上等级
感性元件	L 及其以上等级
继电器	B1 及其以上等级
有可靠性指标的元件	相应的元件总规范
没有可靠性指标的元件	相应的元件总规范

结合模块可靠性预计的 MTBF 值，本方案采用的元器件质量等级均满足要求。

3) 元器件国产化率

设备元器件均为国产化且优先选用我司成熟技术或验证过的产品，电容等器件选型时保障了 80%的降额设计。设备所用元器件国产化率 100%，主要器件见下表所示。

序号	名称	规格型号	数量	生产厂家	质量等级	是否国产
1	贴片电容	JCT41-0402-X 7R-50V-104M	45	风华	普军	国产
2	贴片电容	JCT41-1210-X	4	风华	普军	国产

序号	名称	规格型号	数量	生产厂家	质量等级	是否国产
		5R-50V-226M				
3	贴片电阻	JRM1005MB101 JT	16	风华	普军	国产
4	贴片电阻	JRM1005MB103 JT	18	风华	普军	国产
5	贴片电阻	JRM1005MB156 2JT	1	风华	普军	国产
6	贴片电阻	JRM1005MB102 JT	8	风华	普军	国产
7	贴片电阻	JRM1005MB203 JT	8	风华	普军	国产
8	贴片电阻	JRM1005MB202 JT	2	风华	普军	国产
9	贴片电阻	JRM1005MB301 2JT	1	风华	普军	国产
10	贴片电阻	JRM1005MB331 JT	2	风华	普军	国产
11	贴片电阻	JRM1005MB204 JT	1	风华	普军	国产
12	贴片电阻	JRM1005MB330	2	风华	普军	国产

序号	名称	规格型号	数量	生产厂家	质量等级	是否国产
		JT				
13	贴片电阻	JRM1005MB473 JT	2	风华	普军	国产
14	贴片电阻	JRM1005MB121 JT	4	风华	普军	国产
15	贴片电阻	JRM1005BC50T	1	风华	普军	国产
16	贴片电阻	JRM6332NBR20 0JT	1	风华	普军	国产
17	贴片电阻	JRM1005MB913 JT	1	风华	普军	国产
18	贴片电阻	JRM1005MB472 JT	8	风华	普军	国产
19	电感	XEC0603CW151 JGP	4	顺络迅达	普军	国产
20	电感	XEC0603CW271 JGP	2	顺络迅达	普军	国产
21	电感	XEC0805CW680 JGP	2	顺络迅达	普军	国产
23	高稳 晶振	ST504	1	同相	普军	国产

序号	名称	规格型号	数量	生产厂家	质量等级	是否国产
24	串口隔离芯片	SM3232	1	国微电子	B	国产
25	集成电路	54AHC1G08ST	12	天水天光半导体	J	国产
26	集成电路	SM65HVD230D	2	深圳市国微电子有限公司	B	国产
27	集成电路	SM74LVCH16245	1	深圳市国微电子有限公司	B	国产
28	三极管	S8050L	5	中国振华集团永光电子有限公司	G	国产
29	集成电路	S9015	3	江苏长电科技股份有限公司	J	国产
30	集成电路	MY7045	1	上海复旦微电子集团股份有限公司	GJB	国产
31	存储器	FEMDRW008G	1	江波龙电子有限公司	J	国产
32	DDR3	SCB13H4G	6	紫光	工业级	国产

序号	名称	规格型号	数量	生产厂家	质量等级	是否国产
33	存储器	EFM25F128A	1	上海复旦微电子集团公司	工业级	国产
34	电源芯片	AST4644	2	深圳市雅创芯瀚电子科技有限公司	工业级	国产
35	集成电路	JEM88E1111 HV	2	中国电科 32 所	工业级	国产

11.3 软件自主可控情况

GNSS 卫星共视接收机软件和监控软件均为公司自主研发，关键技术自主可控。基础软件均为国产化（国产化操作系统、数据库、开源中间件）。

GNSS 卫星共视接收机软件采用嵌入式 Linux 操作系统，具体开发环境如下：

- 软件开发平台：QtCreator；
- 软件开发语言：C/C++；
- 运行平台：中标麒麟/银河麒麟等。

GNSS 卫星共视接收机监控软件支持国产麒麟操作系统，使用开源数据库/国产数据库(南大通用/达梦)和开源中间件软件，可实现后续国产化平台的移植；具体开发环境如下：

- 系统开发平台：Eclipse IDE for Java EE；

- Java 开发包：JDK1.8;
- 系统开发语言：Java 开源语言;
- 数据库管理软件：Mysql5.6 数据库/国产数据库南大通用/国产数据库达梦 V7;
- 中间件软件：开源软件 Tomcat、JBoss;
- Web 服务器：Tomcat8.0;
- Web 访问浏览器支持：FireFox/Chrome/IE10;
- 运行平台：中标麒麟/银河麒麟等。

12 其他

需要向用户说明的其他事项。
