

ICS 07.060

CCS A 40

团 体 标 准

T/CHES XXXX-20XX

基于北斗卫星的水利工程变形监测 系统技术要求

Technical requirements for deformation monitoring system of water
conservancy and hydropower project based on Beidou navigation system
(征求意见稿)

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发 布

目 次

1	范围	1
2	规范性引用文件	1
3	术语和定义	1
4	结构和功能	2
4.1	结构	2
4.2	功能	3
5	性能要求	5
5.1	环境适应性	5
5.2	性能指标	5
5.3	供电	7
5.4	电磁兼容	7
5.5	外壳防护等级和抗冲击强度	7
5.6	可靠性要求	8
5.7	防雷	8
6	软件要求	8
6.1	适应性	8
6.2	接口与显示	8
6.3	自诊断	8
6.4	信息安全	9
6.5	数据处理与检索	9
6.6	测站信息管理	9
6.7	监测数据分析查询	10
7	安装调试	10
7.1	仪器检验	10
7.2	安装	10
7.2.1	一般规定	10
7.2.2	天线架设	11
7.2.3	接收机架设	11
7.2.4	浪涌保护器	11
7.2.5	线缆敷设	11
7.3	调试	12
7.3.1	一般规定	12
7.3.2	接收机调试	12
7.3.3	网络通信调试	12
7.3.4	软件调试	13
7.3.5	系统试运行	13
8	运行维护	14
8.1	一般规定	14
8.2	运维系统建立	14

8.3	数据维护	15
8.4	软件维护	15
8.5	设备维护	15
附 录 A	(资料性附录) 北斗仪器检验方法	16

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。

本文件为9章，主要内容包括系统的结构和功能、性能要求、信息管理、软件设计、安装调试、运行维护等。

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这些专利的责任。

本文件由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国水利学会（地址：北京市西城区白广路二条16号，邮编100053），以便今后修订时参考。

本文件主编单位：水利部产品质量标准研究所。

本文件参编单位：杭州川测信息技术有限公司、广州吉欧电子科技有限公司、南水北调中线水源有限责任公司、千寻位置网络有限公司、南水北调集团有限公司、南京水利科学研究院、广川工程咨询有限公司、广东省水利水电科学研究院、宁波弘泰水利信息科技有限公司、深圳市广汇源环境水务有限公司、浙江省钱塘江管理局勘测设计院。

本文件主要起草人：……

基于北斗卫星的水利工程变形监测系统技术要求

1 范围

本文件规定了基于北斗卫星导航定位系统的水利水电工程变形监测系统的组成、功能、系统性能、软件、安装调试、运行维护等要求。

本文件适用于大坝、水电站、海塘、堤防、渠道、水闸等水利工程中的基于北斗卫星导航定位系统的水利工程变形监测系统。

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不可缺少的条款。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 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ka: 盐雾

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)

GB 7450 电子设备雷击保护导则

GB/T 17626.2 电磁兼容试验和测量技术静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.8 电磁兼容试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 39267-2020 北斗卫星导航术语

GB/T 39399 北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50174 电子信息系统机房设计规范

GB 50343 建筑物电子信息系統防雷技术规范

GB 50348 安全防范工程技术标准

3 术语和定义

GB/T 39267-2020 规定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

原始观测数据 raw observation data

接收机接收到导航卫星信号后所获取的载波相位、载噪比、导航电文、多普勒频移、伪距等数据。

3.2

高度截止角 elevation mask angle (elevation cut-off)

接收机设置的用于信号接收或导航解算的卫星最低高度角门限。

[来源: GB/T 39267—2020, 5.3.37]

3.3

内部噪声水平 interior noise level

由接收机通道间的随机偏差, 锁相环、码跟踪环的随机偏差, 以及其钟差残差等引起的测距和测相误差。

3.4

观测时段 observation session

观测站上接收机从开始记录观测数据到停止记录的时间段。

[来源: GB/T 39267-2020, 5.3.39]

3.5

天线 antenna

能够有效地向空间辐射或者从空间接收无线电波的装置。

3.6

扼流圈天线 choke ring antenna

一种带有多路径抑制槽、可以消除/减弱多路径效应影响的 GNSS 接收机专用天线, 一般用于高精度 GNSS 测量。

[来源: GB/T 39267-2020, 5.4.4]

3.7

相位中心偏差 phase center offset

PCO 天线平均相位中心与天线参考点(ARP)间的偏差。

[来源: GB/T 39267-2020, 5.4.15]

4 结构和功能

4.1 结构

4.1.1 北斗变形监测系统应由数据采集、数据中心、供电和通信等部分组成。各部分功能和组成如下:

——数据采集部分用于采集北斗原始数据, 由北斗基准站和北斗监测站组成。

——数据中心用于接收、存储、处理和分析基准站、监测站的北斗数据。

——供电部分用于向基准站、监测站、数据中心供电。

——通信部分用于基准站、监测站、控制中心之间的数据通信。

4.1.3 基准站和监测站设备可分为:

- a) 北斗接收机;
- b) 北斗天线;
- c) 网络通信设备;
- d) 雷电防护设备;
- e) 电源供电设备;
- f) 仪器箱。

4.1.4 数据中心设备可分为:

- a) 计算机;
- b) 数据采集管理软件;
- c) 电源供电设备 (包括不间断电源);
- d) 通信设备;
- e) 雷电防护设备;
- f) 机柜。

4.2 功能

4.2.1 基准站和监测站应具备下列功能:

- a) 实时接收、存储 BDS 原始观测数据,并能够至少同时接收、存储 GPS、GLONASS、GALILEO、NavIC、SBAS 其中一种系统的相关数据;
- b) 通过承载网络定时或实时上传原始观测数据到监测中心,支持输出 CMR,CMR+, RTCM(2.0、2.3、3.0、3.X) 差分信号格式;
- c) 支持网络远程查看设备运行状态、跟踪参数、网络参数,支持远程升级。

4.2.2 数据中心应具备下列功能:

- a) 数据接收: 实时接收基准站、监测站设备采集的原始观测数据;
- b) 数据处理: 分析、过滤,分类接收的原始观测数据;
- c) 监测告警: 当监测结果超过阈值时,产生告警信息;
- d) 数据存储: 存储原始观测数据、分析数据、告警数据;
- e) 配置管理: 添加、删除基准站、监测站设备;
- f) 故障管理: 检测基准站、监测站设备运行状态,发生故障时发出告警信息,并对设备告警记录进行存储、备份和查询;
- g) 性能管理: 对基准站、监测站设备告警阈值设置调整、性能数据统计分析;
- h) 用户操作: 设置不同用户权限等级和日志管理。

4.2.3 数据采集、接收处理应符合下列规定：

- a) 支持接收 BDS (B1、B2、B3) 等卫星系统的观测信号；
- b) 支持采集卫星的载波相位、载噪比、多普勒频移、伪距等原始观测数据和广播星历数据；
- c) 具备接收基准站、监测站回传至数据中心的原始观测数据的功能，并能进行数据格式转换；
- d) 具备存储监测站回传和监测中心解算的位移等数据功能；
- e) 具备数据检索查询功能，可生成数据统计报表；
- f) 宜具备接入水情、气象数据的接口。

4.2.4 数据解算功能应支持北斗独立解算，并满足下列要求：

- a) 解算基准站回传至监测中心的原始观测数据功能，支持动态实时解算与静态数据自动后处理，可自定义静态结算时段长度，支持高角度配置；
- b) 解算监测站、基准站位置间的差值功能，宜能够进行无约束平差、约束平差，分析各网点的稳定情况，能自动剔除故障点并重新组网解算；
- c) 解算结果自动保存，支持历史数据重复解算，支持结果展示和输出；
- d) 超过阈值时生成报警信息功能。

4.2.5 数据管理功能应符合下列规定：

- a) 基准站、监测站接入配置功能；
- b) 基准站差分数据转发端口映射功能；
- c) 根据基准站、监测站实时坐标，在 GIS 地图上显示的功能。

4.2.6 应提供数据中心与基准站和监测站之间的 RJ45、USB 等类型的数据接口，并应具备数据交互传送功能。分体机应具备天线接口。

4.2.7 通信模块应满足下列要求：

- a) 设备通信应支持以太网有线通信和移动互联网通信，宜支持自组网通信和卫星通信；
- b) 接收机应具备原始观测数据的断点续传能力；
- c) 通讯协议应支持 Ntrip 标准协议，宜支持 MQTT 物联网协议；在公网通信环境下，宜具备数据加密传输能力；应具备输出原始观测数据的能力；数据传输采用 RTCM 格式。

4.2.8 电源模块应满足下列要求：

- a) 在电源电压相对标称值变化 $\pm 10\%$ 的情况下，接收机应能正常工作；

b) 应具备通电自检和开机自检、电源电压过低报警显示或提示功能，以及过流、过压、电源瞬间变化和偶然极性反接的保护装置，并可查看外接电源电压、内置电池电压等；

c) 具备外接电源接入通电自启动功能。

4.2.9 监测终端应具备显示、浏览监测数据，输出告警信息等功能。

4.2.10 维护终端应具备管理监测中心、监测站和基准站设备等功能。

5 性能要求

5.1 环境适应性

5.2.1 系统设备高低温性能应满足：

a) 基准站和监测站设备，应能在 $-10^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 的温度环境下正常工作，严寒地区应在 $-30^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 的温度环境下正常工作；

b) 数据中心设备应能在 $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的温度环境下正常工作。

5.2.2 应能在相对湿度不大于 95%的环境下正常工作。

5.2.3 大气压强应为 70kPa~106kPa。

5.2.4 沿海、海岛地区应按 GB/T 2423.17 的方法进行盐雾试验，不应出现腐蚀现象。

5.2 性能指标

5.2.1 基准站北斗接收机技术要求应符合表 1 的规定。

表 1 基准站北斗接收机性能要求

序号	性能指标	技术要求
1	工作频点	应能支持 BDS (B1/B2/B3) 频点，可兼顾 GPS (L1/L2/L5)、GLONASS (L1/L2)、Beidou (B1/B2)、GALILEO (E1/E5)、NavIC (L5) 或 SBAS (L1/L5) 中的一种系统的频点。
2	信号接收灵敏度	不低于-130dBm
3	初始化时间	不大于 10s
4	初始化可靠性	大于 99.9%
5	首次定位时间	冷启动：不大于 50s；热启动：不大于 30s
6	重捕获定位	不大于 2s
7	静态相对定位测量精度	平面：2.5mm+0.5ppm 垂直：5mm+0.1ppm
8	动态相对定位精度	平面：8mm+1ppm 垂直：15mm+1ppm
9	数据接口	2 个 RS232/485 接口，1 个 USB2.0 接口，1 个 PPS 输出。 1 个 EVENT 接口，1 个 CAN 接口，1 个电源接口，1

		个 4G 网络天线接口, 1 个 BT/WIFI 天线接口;
10	无线通信	支持蓝牙、WIFI, 支持移动/联通/电信, 支持 2/3/4G 网络;
11	存储	容量不小于 30 天 (1s 采样间隔); 支持 Binary、RINEX、BINEX 存储格式及实时动态数据上传
12	数据更新频率	支持 1Hz、5Hz、10Hz、20Hz、50Hz
13	功耗	不大于 5W
注: D 为基线长度, 单位为 KM。		

5.2.2 监测站北斗接收机技术要求应符合表 2 的规定。

表 2 监测站北斗接收机技术要求

序号	性能指标	技术要求
1	工作频点	应能支持 BDS (B1/B2/B3) 频点, 克兼顾 GPS (L1/L2/L5)或 GLONASS(L1/L2)、GALILEO(E1/E5) 中的一种系统的频点。
2	信号接收灵敏度	不低于-130dBm
3	首次定位时间 (冷启动)	不大于 50s
4	静态相对定位测量精度	平面: 2.5mm+0.5ppm 垂直: 5mm+0.1ppm
5	动态相对定位精度	平面: 8mm+1ppm 垂直: 15mm+1ppm
6	存储	容量不小于 1 天 (1Hz 采样); 支持 Binary、RINEX、BINEX 存储格式
7	数据更新频率	支持 1Hz、5Hz、10Hz、20Hz、50Hz
8	功耗	不大于 5W
注: D 为基线长度, 单位为 KM。		

5.2.3 定位天线应符合表 3 的技术要求。

表 3 天线的技术要求

序号	性能指标	技术要求
1	工作频点	应能支持 BDS (B1/B2/B3) 频点, 可兼顾 GPS (L1/L2/L5)、GLONASS (L1/L2)、Beidou (B1/B2)、GALILEO (E1/E5)、NavIC (L5) 或 SBAS (L1/L5) 中的一种系统的频点。
2	特性阻抗	50Ω
3	极化方式	右旋圆极化
4	相位中心误差	± 1mm
5	最高增益	6dBi
6	天线轴比	≤3dB@轴向

7	水平面覆盖角度	0~360°
8	输出驻波	≤2.0
9	噪声系数	≤1.5dB
10	增益	50 ± 2dB
11	带内平坦度	± 2dB

5.2.4 数据中心性能应符合下列规定：

- a) 数据中心能够接入基准站和监测站的总数不应少于 1000 个；
- b) 至少应具备存储 3 个月采样为 1Hz 的原始观测数据、监测数据的能力；
- c) 数据中心系统接口服务器、管理服务器、数据解算服务器、数据接收服务器、存储设备、核心网络设备及监控单元主机应采用冗余配置。

5.3 供电

5.3.1 监测设备宜采用双回路电源供电，在外部电源突然中断时，设备和软件工作参数及采集数据不应丢失。

5.3.2 无可靠交流电源时，可采用太阳能或风能等现地电源供电。采用太阳能供电时，配套的蓄电池容量应保证监测设备在无日照条件下至少连续工作 30 日。

5.3.3 电源应结合现场情况设置避雷器、隔离装置及稳压装置。

5.3.4 系统设备供电性能应满足：

- a) 交流电源：额定电压为 220V 或 36V，允许偏差±10%；频率为 50Hz，允许偏差±2%；
- b) 直流电源：额定电压为 9~24V。
- c) 支持双路电源输入，单路断电不应影响设备工作；
- d) 配备不间断电源（UPS），额定功率下可连续工作 24h。

5.4 电磁兼容

5.4.1 静电放电抗扰度应符合 GB/T 17626.2 中等级 3 的规定。

5.4.2 射频电磁场辐射抗扰度应符合 GB/T 17626.3 中等级 3 的规定。

5.4.3 浪涌（冲击）抗扰度应符合 GB/T 17626.5 中等级 3 的规定。

5.4.4 工频磁场抗扰度应符合 GB/T 17626.8 中等级 3 的规定。

5.5 外壳防护等级和抗冲击强度

5.5.1 基准站、监测站设备外壳防护等级应防水防尘，并符合 GB/T 4208-2017 中 IP68 的规定。

5.5.2 应能够抗 1.5m 混凝土地面跌落冲击。

5.6 可靠性要求

5.6.1 监测系统应能 24h 不间断运行。

5.6.2 平均无故障工作时间 (MTBF) 应满足下列要求：

- a) 监测中心设备：MTBF 不小于 5×10^4 h；
- b) 基准站、监测站设备：MTBF 不小于 2×10^4 h；
- c) 监测系统：MTBF 不小于 6300h。

5.6.3 位移成果数据缺失率 FR 应不大于 3%。

5.7 防雷

5.7.1 系统各类站点应配置防雷设施，根据现场情况布设防雷设施和接地系统，包括防雷接地、设备接地、交流供电的电源接地。

5.7.2 直击雷防护应设置避雷针，避雷针针尖高度应高过接收天线。

5.7.3 各基准站和监测站宜与工程接地网相连，无接地网可用时，应单独设置接地装置，接地电阻应小于 10Ω 。监测中心接地电阻应小于 4Ω 。

5.7.4 交流电源输入端应设置电源避雷器、隔离变压器或其他防雷装置，在雷电多发区，直流电源也应采用直流电源避雷装置。

5.7.5 室外电缆应采取加装防腐金属套管埋地或将金属套管一端良好接地等防雷措施。信号线输入端应配置防浪涌设备或信号避雷器。

5.7.6 天线线缆应加装源射频线防雷装置。

6 软件要求

6.1 适应性

软件系统应具有良好的适应性，通过系统参数配置后可以实现对不同对象的在线监测。

6.2 接口与显示

6.2.1 系统软件应配备完善的双向数据传输接口，将监测数据采集至监测控制中心，确保监控系统对异常状况的实时监测。

6.2.2 使用过程中，系统软件应可以通过图形、图表等可视化的形式实时、动态地显示现场的工作状态、报警信息以及各项参数指标。

6.3 自诊断

系统软件应具备监测自诊断功能(传感器故障报警、通讯故障报警、断电记录等)，并可

以记录有效数据个数。

6.4 信息安全

6.4.1 系统应具备安全管理功能且系统操作管理权限不少于 3 个。操作人员登录系统前应通过用户名密码认证。系统应具有记录功能，所有操作记录均应录入数据库。

6.4.2 系统宜依据国家信息安全等级保护制度相关要求，进行系统定级后报所在地公安部门备案，并同步规划、设计安全防护建设方案。在项目实施过程中，应依据所定等级级别同步建设安全防护措施。

6.4.3 系统上线前宜查验软件安全性测试报告，部署在互联网应用的软件上线前还要查验由第三方专业机构出具的应用软件安全性测试报告。

6.4.4 软件的后台管理与前台应分开，后台管理应通过安全认证后才能进行远程操作。

6.5 数据处理与检索

6.5.1 系统应具备数据存储功能以及报表生成功能。可存储 1 年以上原始观测数据、记录测定数据以及仪器运行状态，并自动生成系统运行参数报告、数据报告、掉电记录报告、操作记录报告。

6.5.2 测定数据和仪器运行状态数据：

- a) 记录并统计有效数据个数；
- b) 记录电源故障情况；
- c) 记录仪器操作和维护情况；
- d) 记录仪器故障情况。

6.5.3 系统应具备自启动功能，当仪器由于受外界强干扰、掉电后又上电等突发情况造成程序中断，系统可自动启动，恢复运行状态并记录故障时间以及恢复运行时间。

6.5.4 系统应对操作过程具备自记录功能，记录内容包括系统各项参数的设置、修改，并可随时查看调用。

6.5.5 系统具备数据检索检查功能，通过设置检索时间对历史数据进行检索，生成数据统计报表以及曲线分析图，并根据需求设置自动生成日报、月报、年报。

6.6 测站信息管理

6.6.1 测站信息管理功能应能通过可视化操作界面对测站进行远程配置（增加/删除站点，配置/修改基准站信息等），并实现对测站接收机的远程管理。

6.6.2 测站信息管理功能应包括测站管理、接收机管理、接收机设备工作的状态管理、观测数据查询等。

6.7 监测数据分析查询

系统应当支持基于监测布置图的变形观测点实时、历史数据查询，同时具备设备管理状态查询、卫星信号质量分析、监测数据异常分析等功能。

7 安装调试

7.1 仪器检验

7.1.1 监测设备出厂前应经过专业检测、检定，检测合格方能使用。系统在应用前，应对系统性能和定位精度进行校验。

7.1.2 检验的设备应处于静止状态，周围应无遮挡、无电磁干扰。监测装置外观应整洁，无污渍。各组件应结合紧密，无破损，无缺件。

7.1.3 坐标基准应由四等及以上导线测量和三等及以上导线测量确定。

7.1.4 仪器出现故障需要更换主机或天线的，应对更换的主机或天线进行检验。

7.1.5 具体检查内容及方法应满足下列要求：

- a) 接收机及天线外观是否良好，型号是否正确，各部件是否完好；
- b) 电缆型号是否符合要求，接头是否完好、配套，天线电缆的长度是否符合要求；
- c) 天线与基座连接件是否完好、配套，需固紧的部件是否有松动和脱落；
- d) 接收机数据传输接口配件及软件是否齐全，数据传输性能是否完好。
- e) 应进行仪器观测数据质量检验。检验方法见附录 A.1。
- f) 宜采用零基线或超短基线检验方法对接收机内部噪声水平进行检验。零基线检验时，对 1.5 小时观测值，基线分量及长度应在 1 mm 以内，接收机内部噪声水平应满足厂商的指标。检验方法见附录 A.2、A.3。
- g) 宜对天线相位中心稳定性进行检验，相位中心稳定性应优于 1mm。
- h) 仪器检验完后要提交检验报告，其中包括仪器信息（厂商、配件号、序列号等）、数据采集情况简介、基线解算结果、检验结果分析及结论。

7.2 安装

7.2.1 一般规定

7.2.1.1 设备安装应具有完整详细的布线走线图以及使用、维护手册。

7.2.1.2 设备安装应保证监测设备的安全性，安装方法应符合监测设备的测量原理及测量条件。

7.2.1.3 设备安装应考虑监测设备的多功能复用性。

7.2.1.4 设备安装地点应考虑设备具备防水、防尘及耐高低温等基本性能。

7.2.1.5 应充分考虑连接线的走线线路和安装方式。线缆应具有必要的护套等保护措施，防水防潮、防电磁干扰、防动物啮咬、防偷盗等。设备连接涉及室内外互联时，应有防水措施。

- 7.2.1.6 安装应稳固、美观，整体宜采用蓝、白、灰等颜色进行搭配使用，区分明显。
- 7.2.1.7 对安装的所有监测设备支架应进行接地电阻测试，达到防雷设计规范。
- 7.2.1.8 表面变形监测的观测墩墩项强制对中底盘安装倾斜度应不大于 4'。
- 7.2.1.9 供电设备安装应依据 GB 50174 敷设安装。蓄电池宜结合接收机安装或安装在地理箱内。
- 7.2.1.10 直击雷的防雷设施安装宜参照 GB 50343 的规定执行。感应雷的防雷设施安装应依据 GB 50057 和 GB 7450 的要求执行。
- 7.2.1.11 室内通讯设备宜远离接收机。
- 7.2.1.12 设备安装完成后，现场应统一安装设备标识于仪器外壳明显处，并防止损毁。
- 7.2.1.13 设备安装完成后，应整理接线，收纳美观，清理安装现场残余垃圾。

7.2.2 天线架设

- 7.2.1.1 天线应固紧于观测墩的强制对中底盘上，天线定向指北标志与磁北方向差异应小于 5°。
- 7.2.1.2 量取天线高应量取天线参考面到观测墩标志面的垂直距离。
- 7.2.1.3 安装后应详细记录量取的位置及方式。
- 7.2.1.4 天线高量取应在天线参考面互成 120 度的三个位置量取，三个位置取平均数作为一次天线高数据，读数和平均数精确至 1mm。

7.2.3 接收机架设

- 7.2.3.1 机箱内做好各类线缆的规整与排列，并绑扎紧固。
- 7.2.3.2 按仪器操作手册规定程序完成接收机与电源连接。
- 7.2.3.3 接收机安装时，应采取必要的防盗保护措施。

7.2.4 浪涌保护器

- 7.2.4.1 采用分体式北斗接收机时，天馈线路浪涌保护器的安装应符合下列规定：
 - a) 天馈线路浪涌保护器应安装在北斗天线与北斗接收机之间；
 - b) 天馈线路浪涌保护器的接地端应采用截面积不小于 6mm² 的铜芯导线就近连接到交界处的等电位接地端子板上，接地线应短直。
- 7.2.4.2 信号线路浪涌保护器的安装应符合下列规定：
 - a) 信号线路浪涌保护器应连接在被保护设备的信号端口上；
 - b) 信号线路浪涌保护器接地端宜采用截面积不小于 6mm² 的铜芯导线就近连接到交界处的等电位接地端子板上，接地线应短直。

7.2.5 线缆敷设

- 7.2.5.1 线缆敷设及接续连接宜按照 GB 50348 的有关线缆敷设的工程施工技术要求执行。

线槽或线架上的线缆，其绑扎间距应均匀合理，绑扎线扣应整齐，松紧适宜；绑扎线头宜隐藏不外露。

7.2.5.2 宜采取线缆屏蔽和线缆合理布设措施，减小雷击电磁脉冲在线缆内产生的浪涌，。线缆宜敷设在金属线槽或金属管道内。布置线缆路由走向时，应尽量减少由线缆自身形成的电磁感应环路面积。

7.2.5.3 采用屏蔽电缆时，应在屏蔽层两端并宜在雷电防护区交界处做等电位连接并接地。光缆的所有金属接头、金属护层、金属防潮层、金属加强芯等，应在进入建筑物处直接接地。

7.2.5.4 接地线在穿越墙壁、楼板和地坪处宜套钢管或其它非金属的保护套管，铜管应与接地线做电气连通。

7.2.5.5 接地线、浪涌保护器连接线的敷设宜短直、整齐。

7.2.5.6 接地线、浪涌保护器连接线转弯时弯角应大于 90° ，弯曲半径应大于导线直径的 10 倍。

7.3 调试

7.3.1 一般规定

7.3.1.1 监测系统中设备安装完成、正式提供服务前，应进行系统整体调试、性能测试。应对设备进行基本参数测试与配置、设备之间连接测试、整体模拟运行，中心站设备与应用软件的基本参数配置和主要功能检测等。

7.3.1.2 系统调试前应对监测设备设施进行通电、通信检查。

7.3.2 接收机调试

接收机调试包括数据的采样频率、输出数据的格式、数据通讯协议、兼容的卫星导航系统等运行参数设定。

7.3.3 网络通信调试

7.3.3.1 对各联网设备的 IP 地址进行设置，包括接收机、交换机、服务器等。

7.3.3.2 以 web 模式远程登录接收机，测试接收机远程控制功能、远程配置功能以及相关的数据下载功能等。

7.3.3.3 数据网络通信延迟、通信数据丢包率及网络安全满足本标准相关技术要求。

7.3.3.4 系统正式提供服务前应对基准站数据质量与网络通信质量进行测评。网络通信应能满足下列要求：

- a) 基准站和监测站北斗观测数据完好率应优于 95%；
- b) 基准站和监测站多路径效应不宜大于 0.5m；
- c) 光纤网络通信延迟应小于 50ms；WiFi 网络通信延迟应小于 200ms；
- d) 光纤网络通信数据丢包率应小于 0.1%；WiFi 网络通信数据丢包率应小于 0.1%；

e) 接收机端设置安全协议；数据接收服务器端设置网络安全协议。

7.3.4 软件调试

7.3.4.1 软件调试包括卫星高度角、数据采样间隔、解算时段长度及成果输出间隔等参数的设定。

7.3.4.2 软件安装调试完成后，系统应具备北斗数据采集、北斗基线解算、北斗变形监测结果输出等功能。

7.3.5 系统试运行

7.3.5.1 系统试运行前，应对所有站点进行不低于 3 天的数据连续接收测试，并对接收数据进行多种时段长度解算和精度测算，系统 24h 时长解算每日产出监测点三维变形量的监测精度应满足 5.2 的要求。

7.3.5.2 系统试运行应满足下列要求：

- a) 4 小时产出监测点三维变形量，水平方向变形监测精度优于 2.5mm (RMS)；
- b) 每日 (24 小时) 产出监测点三维变形量，水平方向变形监测精度优于 2.5mm (RMS)，垂直方向变形监测精度优于 5mm (RMS)；
- c) 可采用模拟变形或人工对比观测手段验证系统精度。

7.3.5.3 系统完好性应满足下列要求：

- a) 北斗接收机自主完好性；
- b) 网络通信性能完好性；
- c) 卫星信号完好性；
- d) 数据质量完好性；
- e) 硬件平台完好性；
- f) 用户定位状态可靠性。

7.3.5.4 系统日志要求如下：

- a) 接收机故障日志；
- b) 基线解算结果日志；
- c) 变形监测结果日志；
- d) 网络通信状态日志；
- e) 用户使用情况报表；
- f) 硬件设备故障日志；
- g) 系统异常状况统计报表。

8 运行维护

8.1 一般规定

8.1.1 设备维护方法应简单易于实施。

8.1.2 应制定完善的设备维护计划，定期对设备进行维护，应定期检查、检测的内容如下：

- a) 汛前、汛后应对系统进行定期全面维护；
- b) 系统投运初期，应根据运行状况增加检查次数；
- c) 定期进行现场巡视检查，查看监测设备状态、电源电压、电线电缆和设备工作环境变化情况；
- d) 基准站和监测站的防雷接地电阻宜定期检测；
- e) 应定期验证系统软件数据采集、存储、处理、分析及信息管理和软件安全性等；
- f) 应定期检查数据采集和存储状态；
- g) 应定期应完成原始数据整理和备份工作。

8.1.3 检查监测设备内部是否过于潮湿，及时更换干燥剂，应定时通风、驱赶潮气。

8.1.4 数据采集检查内容包括采集模块通讯、时钟和采集周期、数据采集情况、数据信息分析等。

8.1.5 系统升级或 系统功能完善后，应在服务器上进行更新。软件维护过程中应形成运行日志。

8.1.6 监测数据发生异常、规律发生改变或定期测试数据异常时，应分析原因，对设备进行检查维护或检验标定。

8.1.7 通讯故障应检查软硬件设置、线缆连接、通讯干扰、网络信号等。

8.1.8 主要硬件设备或易损件应有足量的备品备件，满足平均维修时间小于 24h。

8.1.9 监测设备故障应根据故障自诊断程序确定，分析原因，并及时更换故障部件恢复系统运行。核查参数信息，记录检修维护档案。

8.1.10 监测系统的运行维护工作包括数据维护、软件维护、硬件维护等方面，按发生时间分日常维护、定期维护、应急维护等。

8.2 运维系统建立

8.2.1 应建立专门的运维系统，组织专业人员成立专业的运维部门，为系统运行提供保障。

8.2.2 编写运维规范，明确人员分工、工作内容以及具体实施方法。

8.2.3 相关运维人员应定期组织培训，提高运维人员系统管理能力、故障排查能力以及问题解决能力。

8.3 数据维护

8.3.1 日常工作中应定时检查数据采集和存储状态。

8.3.2 应定期完成原始数据整理和备份工作，确保接收机、服务器有足够的空余存储空间。

8.3.3 监测成果数据、监测数据库应长期存储；原始数据备份存储时间不低于 3 年，有条件的情况下可长期存储。

8.4 软件维护

8.4.1 日常工作中应定期开展软件维护工作，从而延长系统使用寿命；

8.4.2 软件维护的主要工作有：

- a) 改正性维护：对程序使用期间发现的程序错误进行诊断和改正；
- b) 适应性维护：配合环境变化修改软件；
- c) 完善性维护：增加新功能或修改已有功能的软件维护；
- d) 预防性维护：改善未来的可维护性或可靠性的软件维护；
- e) 软件维护过程中应形成用户文档和系统文档。

8.5 设备维护

8.5.1 必须指定专人保管与维护仪器并由专业人员安装调试，注意设备防盗、防震、防潮、防晒与防尘处理。

8.5.2 仪器要存放于通风良好的固定位置，每月都要对仪器进行一次全面检验。

8.5.3 设备维护过程中，对设备运行情况做详细记录，包括数据质量、卫星搜索、设备温度、运行稳定性、供电情况、网络通讯情况等。

8.5.4 严禁擅自拆卸北斗接收机主机及天线的各部件。如发生故障，应认真记录有关情况，并立即向有关管理人员与部门汇报。

8.5.5 对设备维护过程中遇到故障要作详细记录。

附 录 A
(资料性附录)
北斗仪器检验方法

A.1 观测数据质量 (TEQC) 检验

选择最佳卫星通视观测环境,观测场地周边不得有高度角大于 10° 的遮蔽物与多路径反射物。连续观测 24 小时,截止高度角设置为零,采样间隔 30 秒。采用预报星历做 TEQC 的检验。

仪器必须在 3 分钟内完全锁定所有可见卫星并能正常记录所有必须观测的数据;接收卫星数量不少于 24 颗;高度角在 10° 以上的观测量中应有大于 95% 的有效观测量;测距观测质量 MP1 和 MP2 小于 0.5 m;钟的日频稳定性不低于 1×10^{-8} ,对于个别情况,在保证观测精度的前提下,可适当放宽,但不得低于 1×10^{-7} 。

A.2 用零基线法检验接收机内部噪声水平

采用“功率分配器”(简称功分器)将同一天线的输出信号分成功率、相位相同的二路或多路信号送到接收机,然后将观测数据进行双差处理求得坐标增量,以检验仪器固有误差。

零基线检验方法:

- a) 选择周围高度角 10° 以上无障碍物地方安放天线,按图连接功分器;

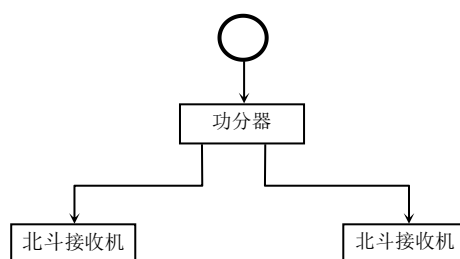


图 1

- b) 连接电源;
c) 二台仪器同步跟踪卫星观测 1.5 小时;
d) 交换接收机天线接口,同 c 项要求再观测一个时段 (1.5 小时);
e) 用静态定位软件计算零基线长度,载波相位后处理结果应该优于 1.0mm。

A.3 用超短基线法检验接收机内部噪声水平

对一体式北斗接收机,可采用超短基线法检测内部噪声水平,超短基线法对内部噪声水平的检测也是一种相对定位法对接收机定位精度的检测。

超短基线检验方法:

- a) 选择周围高度角 10° 以上无障碍物、无电磁波干扰及地面反射系数小的已标定场地;
b) 将接收机天线整平对中放置在观测墩上,天线指北;
c) 接收机开机同步接收卫星信号,连续接收 1.5 小时;

d) 用北斗数据处理软件计算,解算出的基线向量值与大地测量的标准值之间差值应小于接收机固定规格。