

团 体 标 准

T/CSPSTC 83—2021

交通基础设施北斗应用监测技术规范

Technical specification for traffic infrastructure monitoring
based on BeiDou application

2021-12-16 发布

2021-12-31 实施



中国科技产业化促进会 发布

目 次

| | |
|---|----|
| 前言 | I |
| 引言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 北斗监测系统组成及功能 | 2 |
| 4.1 组成 | 2 |
| 4.2 监测站和基准站 | 2 |
| 4.3 监测平台 | 2 |
| 5 北斗网测量等级划分及精度 | 3 |
| 5.1 北斗网测量等级划分 | 3 |
| 5.2 北斗网测量精度 | 3 |
| 6 北斗监测技术内容 | 4 |
| 6.1 基本规定 | 4 |
| 6.2 选点 | 4 |
| 6.3 监测站和基准站 | 5 |
| 6.4 变形监测 | 10 |
| 6.5 数据采集与传输 | 10 |
| 6.6 监测平台 | 11 |
| 6.7 监测成果 | 13 |
| 7 边坡监测 | 14 |
| 7.1 基本规定 | 14 |
| 7.2 边坡监测的技术要求 | 14 |
| 8 桥梁监测 | 15 |
| 8.1 基本规定 | 15 |
| 8.2 桥梁监测的技术要求 | 16 |
| 9 隧道洞口及仰坡监测 | 19 |
| 9.1 基本规定 | 19 |
| 9.2 隧道监测的技术要求 | 19 |
| 10 交通基础设施沿线地质灾害监测 | 20 |
| 10.1 基本规定 | 20 |
| 10.2 地质灾害监测技术要求 | 21 |
| 附录 A (规范性) 北斗监测桩的埋设 | 22 |
| 附录 B (资料性) 基于北斗定位技术的边坡安全自动化监测观测手簿 | 24 |
| 附录 C (资料性) 监测日报表 | 26 |
| 附录 D (规范性) 监测站的安装 | 27 |
| 参考文献 | 30 |

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。

本文件由深圳市天健工程技术有限公司、湖南联智监测科技有限公司提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件起草单位：深圳市天健工程技术有限公司、湖南联智监测科技有限公司、深圳市市政工程总公司、深圳市粤通建设工程有限公司、深圳市综合交通与市政工程设计研究总院有限公司、湖南交通职业技术学院、重庆交通大学、河南交院工程技术集团有限公司、中铁科工集团轨道交通装备有限公司、湖南省交通规划勘察设计院有限公司、中交星宇科技有限公司、深圳市工勘岩土集团有限公司、深圳市地质环境研究院有限公司、上海华测导航技术股份有限公司、河南交投平宛高速公路有限公司、中南勘察设计院集团有限公司、中铁桥隧技术有限公司、创新联盟认证中心有限公司、标准联合咨询中心股份公司。

本文件主要起草人：黄小芳、谢鸿、尹剑辉、袁立群、梁晓东、于芳、刘涛、胡昌文、江建、何云武、李鹏、马君伟、刘正兴、张敏、雷孟飞、欧阳旺、张鑫宇、汤金毅、刘莎莎、谭薇、姜志伟、周思雄、熊宇、肖骏文、匡宇龙、童彪、陆勇、吴坤平、李韧、张国刚、张志坤、张伟帆、王国晓、张广娜、林璇、陈林、唐晨龙、刘晓华、王宇、邓林、赵大成、杨建喜、刘榕、李大卓、唐迅、刘新锋、蒋仕新、赵安明、湛兵、邓亚军、钱晓敏、侯占勋、钱道庆、王建设、黄明正、罗燕山、钱华平、郝宇花、卢成绪。

引 言

北斗卫星导航系统是国家重大战略基础设施。为规范北斗监测技术在交通基础设施监测上的应用,制定本文件。

本文件的起草过程中,在现行国家标准、行业标准的基础上,吸纳了北斗监测技术在交通基础设施监测中的实践经验,对现行国家、行业标准在北斗监测应用领域的实施细则进行了补充和完善,为交通基础设施的北斗监测应用提供技术支撑。

本文件根据交通基础设施的结构类型,规定了监测项目、精度、监测技术要求,以及提交的成果资料,可作为北斗应用在交通基础设施监测的技术方法依据。

交通基础设施北斗应用监测技术规范

1 范围

本文件规定了交通基础设施北斗应用监测的北斗监测系统组成及功能、北斗网测量等级划分及精度、北斗监测技术内容、边坡监测、桥梁监测、隧道洞口及仰坡监测、交通基础设施沿线地质灾害监测的要求。

本文件适用于城市基础设施边坡、桥梁、隧道等结构物的变形监测、地质灾害监测。

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 17045 电击防护 装置和设备的通用部分
- GB/T 18314 全球定位系统(GPS)测量规范
- GB/T 27606 GNSS 接收机数据自主交换格式
- GB/T 28588 全球导航卫星系统连续运行基准站网技术规范
- GB/T 39267 北斗卫星导航术语
- GB/T 39396(所有部分) 全球连续监测评估系统(iGMAS)质量要求
- GB/T 39397(所有部分) 全球连续监测评估系统(iGMAS)文件格式
- GB/T 39398 全球连续监测评估系统(iGMAS)监测评估参数
- GB/T 39399 北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范
- GB/T 39414(所有部分) 北斗卫星导航系统空间信号接口规范
- GB/T 39723 北斗地基增强系统通信网络系统技术规范
- GB/T 39772(所有部分) 北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范
- GB 50026 工程测量标准
- GB/T 50228 工程测量基本术语标准
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- JGJ 8 建筑变形测量规范

3 术语和定义

GB/T 39267、GB/T 50228 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

监测点 monitoring point

直接或间接设置在监测对象上,并能反映监测对象力学或变形特征的观测点。

3.2

监测平台 monitoring platform

企业自建或委托第三方技术单位建设的,以计算机系统为基础,通过连接通信网络对服务范围内的

交通基础设施进行监测,并对监测传感器进行管理,可应用北斗定位监测技术,接入北斗数据,提供施工过程及运营安全监控的系统平台。

3.3

北斗监测系统 BeiDou monitoring system

利用北斗自动监测设备对交通基础设施进行连续自动测量、数据传输和处理的监测网络。

3.4

北斗安全监测预警 BeiDou security monitoring and early warning

应用北斗定位监测技术监测某一监测对象,当监测对象的位移形变数据特征值达到预警值时,按预定方式发出异常情况警告的行为。

3.5

预警阈值 early-warning threshold

为保证交通基础设施安全或质量,以及周边环境安全,对表征监测对象可能发生异常或危险状态的监测量设定的警戒值。

3.6

监测桩 monitoring pile

由防水外壳、刚体筒柱等组成,安装在监测站或基准站上,用于固定监测接收机、接收机天线、太阳能板的钢管桩。

4 北斗监测系统组成及功能

4.1 组成

北斗监测系统一般由若干个监测站、基准站、监测平台和数据通信系统组成。

4.2 监测站和基准站

4.2.1 监测站和基准站应具备采集、存储和传输北斗原始数据的功能。

4.2.2 监测站和基准站一般由监测桩、监测接收机、数据传输系统、状态监控、供电系统、防雷系统等组成。

4.2.3 监测站和基准站的线路组成和数据类型应符合 GB/T 39772.1 的有关规定。

4.3 监测平台

4.3.1 监测平台应具备北斗原始数据解算、误差处理和建模、展示、北斗安全监测、预警预测等功能。

4.3.2 监测平台由数据中心、数据通信系统组成。

a) 数据中心。当监测设备并未集成通信系统时,需要外挂通信系统用于将监测设备的数据传输至数据中心。数据中心组成如下。

- 1) 服务器。具备北斗解算程序、数据处理与存储功能,承载分析解算以及预警播报等功能。根据项目需求,有本地部署的边缘解算服务器和中心解算的云服务器两种类型。
- 2) 展示平台。对接服务器解算数据,将数据进行展示。
- 3) 后台调试设备。管理调试服务器装载的各类程序算法,调取数据用于分析和测试。

b) 数据通信系统。数据通信系统应能按照 RTCM(差分信号格式)10403.2 和 RINEX Version (与接收机无关的交换格式版本)3.03 规定的传输协议与数据格式传输观测数据、运行状态数据和数据文件。数据通信系统组成如下。

- 1) 数据采集设备。通常由 DTU(数据传输设备),RTU(远程终端单元)或 LoRa(远距离无线电)通信设备等将监测设备生成的数据采集,并通过数据传输设备传输至数据中心。

- 2) 数据传输设备。包括 4G/5G、Wi-Fi(无线局域网)、物联网卫星通信等通信天线以及数据线。
- 3) 调试接口。用于本地控制或远程控制设备,传输控制指令和配置信息。

5 北斗网测量等级划分及精度

5.1 北斗网测量等级划分

北斗网测量按照用途划分为 A 级、B 级、C 级、D 级、E 级五个等级,国家大地控制网分为一等、二等、三等、四等,北斗网与国家大地控制网等级对应关系如表 1 所示。

表 1 北斗网与国家大地控制网等级对应关系

| 级别 | | 用途 |
|-----|---------|---|
| 北斗网 | 国家大地控制网 | |
| A 级 | 一等 | 进行全球性的地球动力学研究、地壳形变测量和精密定轨等 |
| B 级 | 二等 | 建立地方或城市坐标基准框架、区域性的地球动力学研究、地壳形变测量、局部形变监测和各种精密工程测量等 |
| C 级 | 三等 | 建立区域、城市及工程测量的基本控制网 |
| D 级 | 四等 | 建立中小城市、城镇及测图、地籍、土地信息、房产、物探、勘测、建筑施工等的控制测量 |
| E 级 | | |

5.2 北斗网测量精度

北斗网的 B 级、C 级、D 级和 E 级相邻点基线分量中误差精度和相邻点间平均距离应不大于表 2 的要求。对精度有特殊要求的工程项目应进行北斗网设计,并联测国家高等级控制点,具体技术指标应符合 GB/T 18314 的有关规定。

表 2 北斗网的 B 级、C 级、D 级和 E 级测量精度

| 级别 | 相邻点基线分量中误差 | | 相邻点间平均距离 km |
|--|------------|------------|------------------|
| | 水平分量 mm | 垂直分量 mm | |
| B 级 | 5 | 10 | 50(最长 100、最短 30) |
| C 级 | 10 | 20 | 15(最长 30、最短 10) |
| D 级 | 20 | 40 | 5(最长 10、最短 3) |
| E 级 | 20 | 40 | 2(最长 4、最短 1.5) |
| 中值误差应为标准差(σ)的 2 倍。 注:内容引自 GB/T 18314—2009。 | | | |

6 北斗监测技术内容

6.1 基本规定

6.1.1 北斗监测技术内容主要包括选点、监测站和基准站、变形监测、数据采集与传输、监测平台、监测成果。

6.1.2 结构安全监测应设定预警阈值,预警阈值应满足工程设计及被监测对象的控制要求。预警阈值的设置原则需要符合下列规定:

- a) 预警信息类型包括设备故障预警信息和北斗监测点位移预警信息;
- b) 预警阈值取值需要考虑监测点位地理环境和结构特征,取值范围应能够真实反映灾害状况;
- c) 监测点位移预警阈值设置不应低于监测精度;
- d) 预警阈值设置按照预警等级从低到高分级取值,最严重的预警阈值设置最大;
- e) 预警阈值可根据设计容许值、理论计算值、数值分析值、监测数据值、成熟经验设置;
- f) 预警阈值应以定量的方式给出,并定期对其进行检验、补充、修正和优化。

6.1.3 预警信息应由专门的发布机构或被授权机构,根据结构安全隐患的发展态势和应急处置进展,向相关部门及时发布、调整或解除。

6.1.4 监测结果分析、北斗安全监测预警、监测成果除应符合本章规定外,尚应根据监测对象类型符合第7章~第10章的有关规定。

6.1.5 北斗监测技术方法除应符合本文件的要求之外,尚应符合 GB/T 39396(所有部分)、GB/T 39397(所有部分)、GB/T 39398、GB/T 39399、GB/T 39414(所有部分)、GB/T 39723、GB/T 39772(所有部分)的有关规定。

6.2 选点

6.2.1 选点的地理条件

6.2.1.1 基准站选点需要遵守以下要求:

- a) 长期运行基准站应建立在具有稳定的地质构造条件的块体上,避开地质构造不稳定地区(如断裂带、易发生滑坡、沉陷、地下水位变化较大等变形地区)和易受水淹的地区;
- b) 短期基准站一般按长期运行基准站要求建立在稳定地质构造条件的块体上或结构稳定的屋顶上;
- c) 应建立在便于接入通信网络、具有稳定的供电条件及交通便利的地区,并采取环境保障措施;
- d) 基准站选点应避开国家保护区和军事管制区;
- e) 基准站选点应选择周围地形、地物、电磁等环境变化较小的区域;
- f) 基准站选点需要考虑与规划和未来发展相协调。

6.2.1.2 监测站选点在遵守 6.2.1.1 的要求的同时,尚需满足以下要求:

- a) 监测站应建立在存在滑坡、沉陷等风险的不稳定地质构造条件的块体上,用以监测风险地段是否发生险情;
- b) 监测站可通过太阳能电池板供电,不需要考虑接入市电或具备稳定的供电环境。

6.2.2 选点的观测条件

基准站和监测站位点的观测条件需要符合 GB/T 28588 的有关规定,要求如下:

- a) 距离容易产生多路径效应的地物(如高大建筑、树木、水体、海滩和易积水地带等)应大于 200 m;
- b) 应有基准站环境数据质量相应级别规定的高度截止角指标的卫星通视条件;
- c) 距离微波站、微波通道、无线电发射台、高压线穿越地带等电磁干扰区应大于 200 m;

- d) 避开采矿区、轨道交通、公路等容易产生振动的地带；
- e) 点位到观测室的线缆长度不宜超过 100 m。

6.3 监测站和基准站

6.3.1 通用要求

- 监测站和基准站应符合以下要求：
- a) 具有断电续航功能，在断电情况下确保持续工作 3 d 以上；
 - b) 具备故障自恢复机制，系统故障率不大于 5%；
 - c) 具备防雷及抗干扰功能，防雷电感应为 1 000 V；
 - d) 基准站分为 A 级、B 级、C 级基准站，各级基准站应符合 GB/T 39772.1 的规定，见表 3。

表 3 基准站性能要求

| 项目 | 等级 | 指标 | 高度截止角 (°) |
|-----------|-----|--|--------------|
| 多路径误差(MP) | A 级 | $MP \leq 0.3 \text{ m}$ | 10 |
| | B 级 | $0.3 \text{ m} < MP \leq 0.5 \text{ m}$ | 10 |
| | C 级 | $0.5 \text{ m} < MP \leq 0.65 \text{ m}$ | 15 |
| 周跳比 | A 级 | $\geq 8\,000$ | 10 |
| | B 级 | $\geq 4\,000$ | 10 |
| | C 级 | $\geq 2\,000$ | 15 |
| 观测数据完整率 | A 级 | $\geq 98\%$ | 10 |
| | B 级 | $\geq 95\%$ | 10 |
| | C 级 | $\geq 95\%$ | 15 |

6.3.2 基准站数据采集要求

- 6.3.2.1 基准站能采集 BDS(北斗卫星导航系统)的频点信号应包括 B1I、B1C、B2I、B2a、B2b、B3I 等。
- 6.3.2.2 基准站数据采集的多路径影响、周跳比和观测数据完整率应符合 GB/T 39772.1 的有关规定，具体见表 4。

表 4 基准站的数据质量要求

| 项目 | B 级基准站 | C 级基准站 |
|-----------|---|--|
| 多路径误差(MP) | $0.3 \text{ m} < MP \leq 0.5 \text{ m}$ | $0.5 \text{ m} < MP \leq 0.65 \text{ m}$ |
| 周跳比 | $\geq 4\,000$ | $\geq 2\,000$ |
| 观测数据完整率 | $\geq 95\%$ | $\geq 95\%$ |

- 6.3.2.3 基准站数据采集的采样间隔和发送间隔应符合 GB/T 39772.1 的有关规定，具体见表 5。

表 5 基准站的数据采样间隔和发送间隔要求

| 项目 | 原始观测数据 | 气象数据 |
|----------|--------------------|--------------------------|
| 观测数据采样间隔 | $\leq 1 \text{ s}$ | $\leq 30 \text{ s}$, 可调 |
| 观测数据发送间隔 | 1 s | $\leq 30 \text{ s}$, 可调 |

6.3.3 监测接收机

6.3.3.1 监测接收机结构与外观要求如下：

- 监测接收机应由 GNSS(全球卫星导航系统)天线(无内置天线接收机应配备)、接收机主机、电源适配器、电池等配件以及数据链[进行 RTK(全球定位系统实时动态测量技术)测量的接收机应配备]等组成；
- 监测接收机应有参数配置、数据下载及数据格式转换的软件；
- 监测接收机各连接部件的连接应稳定可靠；
- 表面应无明显的划痕、裂缝和变形；
- 外壳应有一定的刚度和强度；
- 各按键应操作灵活、无卡滞现象。

6.3.3.2 监测接收机的电气、设置及显示、接口与输出、数据存储、信号接收性能、时间特性、测量精度、环境适应性、安全防护等技术要求应符合 GB/T 39399 的有关规定。

6.3.3.3 监测接收机应能输出 RTCM3 格式的原始数据,RTCM3 数据格式应符合 GB/T 39414(所有部分)的有关规定。

6.3.3.4 监测接收机应能支持流动站和基准站工作模式。

6.3.3.5 A 级北斗网监测接收机的技术指标应符合 GB/T 28588 的有关规定,北斗网的 B 级、C 级、D 级、E 级监测接收机的技术指标应符合 GB/T 18314 的有关规定,见表 6 的要求。

表 6 北斗网的 B 级、C 级、D 级、E 级监测接收机的技术指标

| 级别 | B 级 | C 级 | D 级、E 级 |
|------------|----------|----------|----------|
| 频段 | 全波长 | 双频/全波长 | 双频 |
| 观测量(至少包含) | 载波相位、伪距 | 载波相位、伪距 | 载波相位、伪距 |
| 同步观测监测接收机数 | ≥ 4 | ≥ 3 | ≥ 2 |
| 接收机天线要求 | 扼流圈、抗干扰 | 大地型 | 大地型 |

6.3.3.6 监测接收机的安置需要遵守下列要求。

- 监测接收机的安置点周围应在视野开阔处,视场内障碍物的高度角不宜大于 15° 。
- 监测接收机附近不应有墙体、高压电线、无线电信号源等对信号有干扰的要素。
- 监测接收机附近不应有大面积水域或对电磁波反射(或吸收)强烈的物体,以减弱多路径效应的影响。
- 接收机天线集成体上的圆水准气泡应居中,若接收机天线没有圆水准气泡,可调整接收机天线基座脚螺旋,使接收机天线在互为 120° 方向上量取的接收机天线高互差小于 3 mm;接收机天线安置完毕后,其对中误差不应大于 1 mm。

6.3.3.7 监测接收机的维护应遵守下列规定。

- 监测接收机等仪器应指定专人保管,不论采用何种运输方式,均应有专人押运,并应采取防震措施,不应碰撞、倒置或重压。
- 接收仪器应注意防震、防潮、防晒、防尘、防蚀、防辐射;电缆线不应扭折,不应在地面拖拉、碾压,其接头和连接器应保持清洁。
- 作业结束后,应及时擦净监测接收机上的水汽和尘埃,及时存放在仪器箱内。仪器箱应置于通风、干燥阴凉处,箱内干燥剂呈粉红色时,应及时更换。
- 监测接收机在使用外接电源前,应检查电源电压是否正常,电池正负极不应接反。

- e) 当接收机天线置于高标及其他设施的顶端作业时,应采取加固措施,雷雨天气时应有避雷设施或停止观测。
- f) 监测接收机在室内存放期间,室内应定期通风,每隔1个月~2个月应通电检查1次,监测接收机内电池应保持充满电状态,外接电池应按照其要求按时充放电。
- g) 不应拆卸监测接收机各部件,接收机天线电缆不应擅自切割改装、改换型号或接长。如发生故障,应认真记录并报告相关部门,由专业人员维修。

6.3.4 监测桩

6.3.4.1 监测桩需要符合下列规定:

- a) 监测桩结构由防水外壳、刚体筒柱等组成;
- b) 根据不同的结构物类型及应用场景,监测桩桩长一般可设置0.5 m、1.9 m及3.0 m三种规格长度;
- c) 监测桩组装完毕后(含预埋部分)整体重心应处于高度的1/3处以下;
- d) 接收机天线应安装在监测桩支座上,支座应具备复位能力,复位精度优于0.2 mm;
- e) 监测桩表面应进行防腐处理;
- f) 监测桩需要具有良好的防护效果,能够防护外部的机械损伤、雨水冲刷、紫外线损伤、雷电损伤、电磁干扰等;
- g) 为确保监测桩整体的刚性,立杆宜选用直径120 mm以上的型材钢管,壁厚不小于2 mm;
- h) 立杆上不宜存有较大开孔,单个开孔面积应小于 0.005 m^2 ;开孔个数宜小于10个,整体开孔面积应小于 0.01 m^2 。

6.3.4.2 监测桩的安装应遵守下列规定:

- a) 监测桩安装应牢固可靠;
- b) 监测桩垂直度应满足验收技术要求;
- c) 监测桩高度应满足设计要求;
- d) 接收机天线设备应在避雷针的保护范围内;
- e) 监测桩的安装与埋设应遵守附录A的规定。

6.3.5 供电系统

6.3.5.1 北斗监测设备供电可采用太阳能供电系统或市电供电系统等多种方法。

6.3.5.2 北斗太阳能供电系统需要符合下列技术要求。

- a) 太阳能电池板架设地址的选择应遵守太阳能资源分布、国家可再生能源中长期发展规划等因素;结合电网结构和交通运输、环境保护等影响条件,给出合适的站址范围。
- b) 太阳能电池板朝向宜采用正南或南偏东、南偏西 30° 以内的方位,无植被和建筑遮挡。
- c) 太阳能电池的蓄电设备应能保证在满电无太阳能充电状态下,持续工作15 d。
- d) 蓄电池可采用电压12 V、容量100 Ah的蓄电池,其外观材质需要具有良好的防腐阻燃功能。

6.3.5.3 北斗市电供电系统的电路设计及安装需要遵守下列要求。

- a) 供电线路设计应保证在正常使用中,由于机械和热应力导致的线路变形不会触及带电部分,且线路变形不能破坏供电线路和供电设备的防护等级。
- b) 端子应适用于制造商规定的导体类型及截面范围。
- c) 连接件设备需要在连接完成后具备有效的方法保持其位置;如果使用其他类型的端子或连接方法,其安全要求应符合GB/T 17045的有关规定;电缆及汇流条的锡焊连接应有额外的保持导体位置的措施;连接端子可采用熔焊连接。

6.3.5.4 北斗监测设备供电线路的绝缘类型设计要求应符合表 7 的要求。

表 7 设备绝缘类型设计要求

| 设备 | 基本防护措施 | 故障防护措施 |
|-------|-------------|--------|
| 0 类 | 基本绝缘 | 无 |
| I 类 | 基本绝缘 | 保护联结 |
| II 类 | 基本绝缘和附加绝缘 | 加强绝缘 |
| III 类 | 将电压限制到特低电压值 | 无 |

6.3.5.5 供电系统的维护应遵守下列规定。

- 每季度检查太阳能充电板,对有灰尘、积雪或杂物覆盖的太阳能电板进行清理。因树木生长导致太阳能板被遮挡的北斗监测点,应及时修剪树枝,确保太阳能板的正常运行。
- 每月对蓄电池电量情况进行人工巡查,对电量不足或电池损坏的情况,应及时进行电池更换。

6.3.6 防雷系统

6.3.6.1 防雷系统应采用等电位连接和接地保护措施,并可搭配能量配合的浪涌保护器、电磁屏蔽等多种防护措施。

6.3.6.2 防雷系统的接地设计应符合下列规定。

- 在接地装置设计中,接收机天线的基础接地体,其电力变压器的接地装置,应和站内各建筑物的接地装置互相连通,组成共用接地装置。
- 设备通信和信号端口应设置浪涌保护器保护,并采用等电位连接和电磁屏蔽措施,必要时可改用光纤连接。站外引入的信号电缆屏蔽层应在入户处接地。
- 接收机天线的波导管应在天线架和机房入口外侧接地。
- 接收机天线伺服控制系统的控制线及电源线,应采用屏蔽电缆,屏蔽层应在接收机天线处和机房入口外接地,并应设置适配的浪涌保护器保护。
- 接收机天线应设置防直击雷的接闪装置。
- 当北斗监测系统具有双向(收/发)通信功能,且接收机天线架设在高层建筑物的屋面时,天线架应通过专引接地线(截面积大于或等于 25 mm^2 绝缘铜芯导线)与北斗通信机房等电位接地端子板连接,不应与接闪器直接连接。

6.3.6.3 等电位连接与共用接地系统设计应遵守下列规定:

- 等电位连接的结构形式应采用 S 型-星形结构、M 型-网格形结构或两者的组合,见图 1;
- 电气和电子设备的金属外壳、机柜、机架、金属管、槽、屏蔽线缆金属外层、电子设备防静电接地、安全保护接地、功能性接地、浪涌保护器接地端等均以最短的距离与 S 型-星形结构的接地基准点或 M 型-网格形结构的网格连接;
- 等电位连接网络应利用建筑物内部或其上的金属部件多重互连,组成网格状低阻抗等电位连接网络,并与接地装置构成一个接地系统;
- 防雷接地与交流工作接地、直流工作接地、安全保护接地共用一组接地装置时,接地装置的接地电阻值应按接入设备中要求的最小值确定;

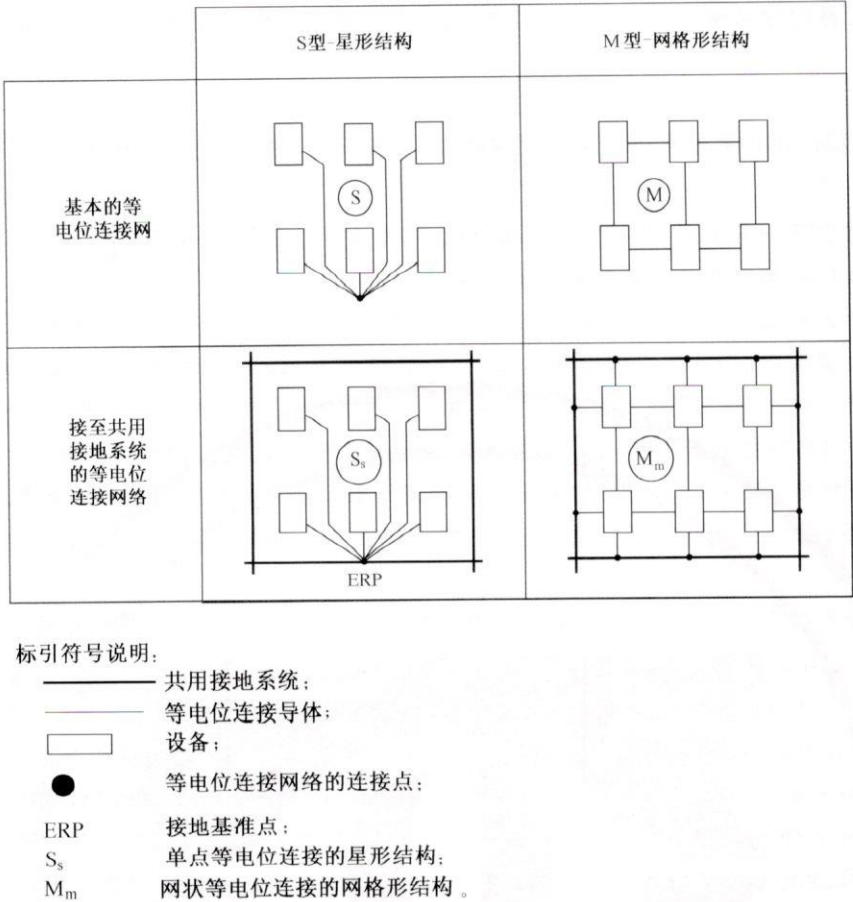


图 1 北斗防雷系统等电位连接网络的基本方法

- e) 接地装置应优先利用建筑物的自然接地体,当自然接地体的接地电阻达不到要求时应增加人工接地体;
 - f) 防雷系统接地线不应从接闪带、铁塔、防雷引下线直接引入。
- 6.3.6.4 浪涌保护器的选择应遵守下列规定。
- a) 接收机天线应置于 LPZOA(直击雷非防护区)内。
 - b) 变形监测应根据被保护设备的工作频率、平均输出功率、连接器形式及特性阻抗等参数,选用插入损耗小、电压驻波比小、适配的浪涌保护器。
 - c) 浪涌保护器应安装在收/发通信设备的射频出、入端口处。
 - d) 浪涌保护器接地端应采用能承载预期雷电流的多股绝缘铜导线连接到 LPZOA(直击雷非防护区)或 LPZOB(直击雷防护区)与 LPZ1(第一防护区)边界处的等电位接地端子板上,导线截面积不应小于 6 mm²。同轴电缆的前、后端及进机房前应将金属屏蔽层就近接地。

6.3.7 监测站的检查和维护

- 6.3.7.1 应定期对监测站进行巡检,汛期每月巡检应不少于 1 次,非汛期每两月巡检 1 次,检查有无破坏迹象。
- 6.3.7.2 每季度检查监测设备仪器机箱内部状态,对无异物的机箱进行清理,对锈蚀或有破损的接线端子进行更换。
- 6.3.7.3 每季度检查太阳能充电板,对有灰尘、积雪或杂物覆盖的太阳能电板进行清理,因树木生长导致太阳能板被遮挡的北斗监测点,应及时修剪树枝,确保太阳能板的正常运行。

6.3.7.4 每月对蓄电池电量情况进行人工巡查,对电量不足或电池损坏的情况,应及时进行电池更换。

6.4 变形监测

6.4.1 变形监测时,观测数据应以测站名或测站号、观测单元、测站类型、日期、时段号等信息为标签进行分类。

6.4.2 监测过程应在卫星星座 PDOP(定位精度因子)不大于 4 的情况下进行。

6.4.3 监测接收机搜到的北斗卫星数量不少于 4 颗。

6.4.4 监测接收机启动前与作业过程中,应按照规定填写观测手簿的记录项目,见附录 B。

6.4.5 监测工作启动时,应搜集一段时间数据,分析监测站与基准站信号质量,检查卫星高度角分布是否大于 15° 、DOP(精度因子)值是否低于 3、搜星数量是否在 4 以上及信噪比与多径干扰分量大小是否存在显著波动。当各项指标质量不达标时,需要根据具体情况进行维护和重新测量。

6.4.6 监测接收机启动后应设置北斗监测点身份标识号 ID,再连入平台进行数据交换。设备维护完毕后,根据实际情况决定北斗监测点位重新上线方式,是否沿用以往的身份标识号 ID,或者需要重新设置平台身份标识号 ID。

6.4.7 当监测接收机稳定一段时间后,应根据历史数据选取参考值,用以计算北斗基线解算残差,凸显北斗监测点位的变化情况。

6.4.8 设备运行期间应防止人为扰动,不应未经报备随意移动接收机天线和站点,在监测接收机正式启动后应防止人为引起的设备震动,监测过程中需要避免人员走动干扰信号或误触接收机天线。

6.4.9 监测过程中,需要避免在接收机天线附近 50 m 内使用电台,10 m 内使用对讲机。

6.4.10 水平位移监测方法采用北斗静态测量法,通过各期的水平位移观测可绘制水平位移曲线图。

6.4.11 垂直位移观测方法采用北斗静态测量法,通过各期的垂直位移观测可绘制垂直位移曲线图。

6.4.12 卫星定位设备宜选用双频、标称静态精度小于或等于 $5 \times (1 + 10^{-6})$ mm 的定位系统,并配套数据处理分析系统软件,当选用北斗进行水平位移观测时应采用静态测量模式,并遵守下列规定:

- a) 新购置的接收设备应进行全面检验后方可使用,检验内容包括一般检查、常规检查、通电检验和实测检验;
- b) 作业参数要求,观测时段长度大于或等于 30 min,数据采样间隔 10 s~30 s,PDOP 小于或等于 5;
- c) 应采用零相位天线,削弱多路径误差,对中误差不应大于 0.5 mm;
- d) 观测期间,应防止接收设备震动,并应防止人员和其他物体碰动接收机天线或阻挡信号。

6.4.13 观测过程中不应进行以下操作:

- a) 关闭、重启监测接收机;
- b) 进行自测试;
- c) 改变卫星截止高度角;
- d) 改变数据采样间隔;
- e) 改变接收机天线位置;
- f) 按动关闭文件功能键和删除文件功能键。

6.5 数据采集与传输

6.5.1 监测接收机的数据采集需要遵守下列规定:

- a) 采集星历应覆盖监测使用到的卫星系统;
- b) 根据项目需求,可采集基准站和监测站坐标,以 RTCM3 格式存储和传输;
- c) 观测数据采样间隔按照监测项目需求制定,一般选择 1 s,15 s,30 s 等;

- d) 星历数据采样间隔需要符合广播星历更新间隔的规格,通常为 1 h;
- e) 应当每隔固定时间将监测接收机自动采集的数据与人工采集的数据进行比对,验证其有效性。

6.5.2 监测接收机的数据传输方法需要符合下列规定:

- a) 数据传输应有蜂窝移动通信和 Wi-Fi 通信及串口通信方式;
- b) 数据传输应采取完整、稳定、安全的方式,且不宜少于两种;
- c) 监测接收机进行无线数据传输时不应产生对卫星信号接收的干扰;
- d) 观测数据传输间隔应不高于 1 h,卫星星历数据传输时需要避免同时更新所有星历,防止阻塞;
- e) 监测接收机采集的北斗原始数据通过无线通信模块传输给监测平台,监测接收机站点信号及监测接收机所处电气环境信息也需要一并采集,采集的数据和信息需要进行分包,注明传感器 ID 和采集时间等标签,并以包的形式进行传输,提供给监测平台判断北斗原始数据来源,判断站点健康状况。

6.6 监测平台

6.6.1 功能

监测平台作为监测人员、用户与监测设备之间的窗口,应具备数据采集、数据存储、数据展示、数据处理、数据分析、评估预警等功能。

6.6.2 数据采集

6.6.2.1 监测平台应能自动采集监测接收机的输出信号,能把模拟量转换为数字量;监测平台应能适应抽样式和周期式两种数据采集方式,能按照设定的方式自动进行定时测量。

6.6.2.2 北斗原始数据应包含足量的星历信息和观测量信息。

6.6.3 数据存储

6.6.3.1 监测平台数据存储分为北斗原始数据存储、解算数据存储和数据传输及解算日志存储。相应存储应符合下列规定。

- a) 北斗原始数据存储文件格式为 RTCM(差分信号格式)3 格式,北斗解算数据采用 RINEX(与接收机无关的数据交换格式)3.02 以上版本的格式存储,应符合 GB/T 27606 的规定,按照传输时间分类,以供后续查阅。
- b) 解算数据存储包括解算参数存储、北斗基线向量存储和基线向量改正量存储。
 - 1) 解算参数为监测平台运算所需的参数;基线向量为监测站接收机到基准站的向量在 ENU(东北天)坐标系下的坐标数值;通过对首次稳定解算的基线向量进行差分得到基线向量改正量。
 - 2) 解算参数存储在监测平台,由监测平台配置给每个项目。
 - 3) 北斗基线向量存储和基线向量改正量存储按照时间及监测站点身份标识号 ID 区分。
- c) 数据传输及解算日志应记录每个时刻各个站点的数据推送情况,实时解算情况、解算成功后的解算数据推送情况。每个解算日志为独立文件,按照日期分别存储。

6.6.3.2 原始观测记录、存储应完整、准确,原始数据应备份。

6.6.4 数据展示

6.6.4.1 监测平台应能实时展示各项目的北斗数据,包括历史数据、直观呈现监测信号、数据异常、故障及报警等。

6.6.4.2 监测人员可通过监测平台远程获取设备的运行状况、数据质量及位移量等重要信息,可调取监测接收机的北斗原始数据,分析当地当时的信号质量是否达标,并可根据情况调整北斗数据解算参数和

后处理参数,以及进行数据备份。

6.6.5 数据处理

6.6.5.1 数据解算选取的时间系统(UTC)、坐标系统(WGS84,CGCS2000)、数据类型(经纬度、绝对坐标、基线向量)应保持一致。

6.6.5.2 北斗数据解算项目应包含卫星系统、信号波段、观测类型(伪距和载波)、信噪比。

6.6.5.3 原始数据应检查数据的连续性,判断是否存在周跳。

6.6.5.4 数据解算应遵守下列规定:

- 利用伪距观测信息进行最小二乘法估计,获得监测站和基准站的大致坐标;
- 获得估计坐标后,进行双差运算消除大气误差和钟差;
- 利用载波观测信息固定模糊度,获得高精度基线向量;
- 利用卡尔曼滤波等算法对上述步骤迭代,获得高精度坐标结果;
- 必要时,进行北斗数据解算并分析北斗原始数据的 DOP 值、多径干扰、信噪比状态和卫星仰角信息。

6.6.5.5 北斗基线解算应遵守下列规定:

- 原始数据应进行误差分析并建立误差模型;
- 应用 Saastamoinen 模型进行对流层延迟修正;
- 在 Obs 数据解算过程中,应对 Nav 文件的星历信息进行电离层模型延迟修正;
- 应用 ENU 本地坐标系展示基线向量坐标;
- 应用 Levenberg-Marquardt 拟合指数模型或正弦模型进行多路径和监测接收机噪声误差修正;
- 解算质量是基线向量解算结果输出与推送的判别依据,包括 ratio(比率)值、用以解算的卫星数目、解算类型(Float Solution 或 Fix Solution)。

6.6.5.6 数据解算平差后处理方法需要符合下列规定:

- 平差后处理选用的历史数据长度根据监测接收机运行时间决定,初始稳定期间历史数据长度应短于解算输出间隔,后期按照项目性质选取 1 440 个~2 880 个观测历元作为历史数据;
- 平差结果应符合原始数据的变化趋势,且延迟观测历元数不应超过解算结果输出间隔的 1/4;
- 对于长时间运行项目,可进行二次平滑运算,采用指数模型或多项式模型等算法进行数据拟合,滤除长时间运行中因环境和信号质量导致的解算结果发散等误差;
- 误差处理可以通过卡尔曼滤波、多项式拟合及小波降噪等方法实现,对观测数据中明显的粗差进行剔除,平滑数据的噪声性波动,还原贴近真实位移的数值。

6.6.5.7 监测平台数据处理中的数值取位要求应符合表 8 的要求。

表 8 监测平台数据处理中的数值取位要求

| 等级 | 方向值 (") | 边长 mm | 坐标 mm | 高程 mm | 水平位移量 mm | 垂直位移量 mm |
|-------|------------|----------|----------|----------|-------------|-------------|
| 一等、二等 | 0.01 | 0.1 | 0.1 | 0.01 | 0.1 | 0.01 |
| 三等、四等 | 0.1 | 1 | 1 | 0.1 | 1 | 0.1 |

6.6.6 数据分析

6.6.6.1 预测模型是数据分析领域中对时间序列进行处理时采用的一种随机差分方差的数学模型。根据分析方法不同,可以有时域分析模型、频域分析模型、BP 神经网络、小波变换或其他数学模型。

6.6.6.2 根据监测项目类型、数据间隔和波动程度等区别选取预测模型参数。

6.6.6.3 建立预测模型时,需要选取能够反映稳定运行状态的数据进行训练,训练集不宜过大,利用模型预测的结果时长不宜超过 20 观测历元,预测结果不宜作为预警主要依据,可辅助预警。

6.6.6.4 在给出预测数据前,应对预测数据所使用的模型进行检验。将模型所拟合的历史数据与真实历史数据进行差分,当残差方差不超过真实数据整体噪声水平时可模型视为有效。

6.6.6.5 在得到预测数据后,需要分析历史数据趋势与预测数据趋势的走向差别,当预测数据与历史数据存在较大出入时,需要重点考虑观测后续实际数据。

6.6.6.6 在历史数据触发预警的情况下,可结合预测数据分析预警是否为误报。

6.6.6.7 预测数据分析应着重于趋势走向、方差及预测模型对历史数据的拟合性能方面,不宜将预测数据直接当作真实数据使用。

6.6.7 评估预警

6.6.7.1 北斗监测系统应具备以下特点:

- a) 多指标和多层次的预警体系;
- b) 实时、自动和明显的预警方式;
- c) 发布、调整和解除预警信息。

6.6.7.2 北斗监测系统应具备以下功能:

- a) 预警阈值是判断监测状态的依据,北斗监测系统应具有预警阈值设置功能;
- b) 应具有 GIS(地理信息系统)图层编辑、图形拓扑功能,预警产生后能在 GIS 地图上显示相应预警信息;
- c) 应具有预警流程处理功能,预警产生后系统会将预警信息通过短信、邮件等方式发送至相关人员;
- d) 预警信息应形成日志,包括始末时间、警示事项、预警级别、预警频率、预警方式等。

6.6.7.3 预警级别划分应合理反映指标的不同程度,宜分四个级别,如表 9 所示。

表 9 预警级别划分标准

| 预警级别 | 级别描述 | 颜色标识 |
|------|------|-------------------|
| I | 特别严重 | 红色 RGB(255,0,0) |
| II | 严重 | 橙色 RGB(255,125,0) |
| III | 较严重 | 黄色 RGB(255,255,0) |
| IV | 一般 | 蓝色 RGB(0,0,255) |

6.7 监测成果

6.7.1 北斗监测项目应根据实际工程需要和委托方的要求,提交北斗监测设计方案、阶段性监测报告、变形监测技术总结报告。

6.7.2 北斗监测设计方案,应包括下列主要内容:

- a) 各个类型城市交通基础设施的成果进行规范化约定;
- b) 解算过程的技术指标、数据剔除原则、起算数据量的规定标准;

c) 结果报表类型和生成时间。

6.7.3 阶段性监测报告,应包括下列主要内容:

- a) 监测日报表,可采用附录 C 的样式;
- b) 每期观测成果;
- c) 与前期观测间的变形量和变形速率,提出预测变化趋势;
- d) 本期观测后的累计变形及说明;
- e) 变形监测图表及说明;
- f) 监测过程中需要说明的事项。

6.7.4 变形监测技术总结报告,应包括下列主要内容:

- a) 监测内容及基本技术要求;
- b) 作业过程及技术方法;
- c) 每期观测成果汇总;
- d) 变形监测图表及说明;
- e) 变形监测过程中需要说明的事项;
- f) 基准点稳定性分析资料;
- g) 变形分析方法、结论和建议;
- h) 其他需要说明的资料。

7 边坡监测

7.1 基本规定

7.1.1 基于北斗定位技术的边坡安全自动化监测应包括边坡地表水平位移、垂直位移。

7.1.2 边坡工程安全等级与边坡的变形监测等级对应关系如表 10 所示。

表 10 边坡工程安全等级与边坡的变形监测等级对应关系

| 边坡工程安全等级 | 监测等级 |
|----------|------|
| 一级 | 三等 |
| 二级、三级 | 四等 |

7.1.3 边坡工程安全等级的确定应符合 GB 50330 的有关规定。

7.1.4 高边坡施工和运营各阶段应用北斗监测系统开展变形监测应遵守 GB 50026 的有关规定。

7.2 边坡监测的技术要求

7.2.1 边坡监测点的布设原则如下:

- a) 不良地质作用地段;
- b) 受地下水、地表水影响的地段;
- c) 有建(构)筑物和运输枢纽区的地段;
- d) 受爆破影响的地段;
- e) 有滑动迹象或正在进行治理的地段;
- f) 支护结构及放坡平台的阳角处。

7.2.2 边坡监测点的布设需要遵守下列规定:

- a) 水平位移及垂直位移观测一般宜共用一个测点;
- b) 需要结合高边坡分布范围、地形地貌特征、性质、破坏模式、变形情况、稳定状态及主体防治工

程类型等,综合考虑监测点的布设;

- c) 监测点布置宜结合工程结构物进行布设,测点宜布设在路堤边坡的坡顶、边坡的平台、水沟、滑坡的隆起、挡墙等变形剧烈位置;
- d) 对于有危石等易出现落石、崩塌破坏的岩质边坡,应对危石或崩塌体进行加密测点,增加监测频率;
- e) 监测点的布设可在监测过程中根据变形情况进行动态调整,在变形剧烈位置宜及时补充测点;
- f) 监测点应布设在与边坡坡向平行或垂直边坡坡向的断面线上,并应布设至变形影响范围外不小于 30 m;
- g) 断面线宜布设在边坡中部及两侧边缘,并不应少于 3 条;
- h) 监测点的间距宜为 10 m~30 m,且最大水平间距不应大于 100 m,最大垂直间距不应大于 50 m。

7.2.3 监测站的安装应遵守附录 A 和附录 D 的有关规定。

7.2.4 边坡监测应遵守表 11 的要求。

表 11 边坡监测技术要求

| 观测方法 | 时段长度 min | PDOP (位置精度因子) | 卫星截止高度角 (°) | 同步监测卫星数颗 | 卫星分布象限数 | 采样间隔 s |
|------|-------------|------------------|----------------|----------|---------|-----------|
| 静态 | 60~120 | ≤5 | ≥15 | ≥5 | ≥3 | 10~30 |
| | 30~90 | ≤5 | | | | |
| | 20~60 | ≤6 | | | | |
| | 12~45 | | | | | |

7.2.5 边坡北斗监测预警需要符合以下规定:

- a) 边坡北斗监测预警应符合 6.6.7 的有关规定;
- b) 边坡监测预警阈值需要根据边坡的具体情况、监测规范、边坡勘察报告及设计文件等综合考量确定。

7.2.6 边坡监测数据分析需要遵守以下规定。

- a) 监测数据分析通常采用比较法、作图法、特征值统计值法及数学模型法。使用数学模型法做定量分析时,应同时用其他方法进行定性分析,加以验证。
- b) 监测数据分析,应提供下列分析图表:
 - 1) 地表位移、沉降等位置分布图;
 - 2) 监测数据成果表;
 - 3) 位移变化曲线。
- c) 根据监测数据分析边坡安全性状时,宜以变形监测作为主要控制指标,并应按照累计位移、变形速率、加速度等变化情况,并结合其他监测资料,综合评价边坡安全状况。

7.2.7 基于北斗定位技术的边坡安全自动化监测还应符合第 4 章、第 5 章、第 6 章的要求。

8 桥梁监测

8.1 基本规定

8.1.1 基于北斗定位技术的桥梁安全自动化监测适用于结构复杂和重要的悬索桥、斜拉桥、拱桥、梁桥等。

8.1.2 桥梁结构变形监测应分为施工期间监测和运营期间监测。

8.1.3 桥梁结构变形监测内容及监测参数应按照表 12 选择。

表 12 桥梁结构变形监测内容

| 桥型 | 主要监测参数 | 变形监测类别 |
|-----|----------|-----------|
| 梁桥 | 桥墩 | 垂直位移 |
| | 桥墩偏位 | 水平位移 |
| | 主梁 | 水平位移 |
| | 主梁挠度 | 垂直位移、水平位移 |
| 拱桥 | 桥墩偏位 | 水平位移 |
| | 主梁挠度 | 垂直位移、水平位移 |
| | 主梁 | 水平位移 |
| | 主拱圈 | 垂直位移、水平位移 |
| 悬索桥 | 索塔摆动(塔顶) | 水平位移 |
| | 塔基 | 垂直位移 |
| | 主缆偏位 | 水平位移 |
| | 桥面线形 | 垂直位移、水平位移 |
| | 挠度 | 垂直位移 |
| | 锚锭 | 垂直位移、水平位移 |
| 斜拉桥 | 索塔摆动(塔顶) | 水平位移 |
| | 塔基 | 垂直位移 |
| | 桥面线形 | 垂直位移、水平位移 |
| | 挠度 | 垂直位移 |

8.1.4 依据桥梁设计安全等级和精度要求选用桥梁结构变形监测的仪器型号,应符合 JGJ 8 的有关规定。

8.1.5 基于北斗定位技术的桥梁安全自动化监测还应符合第 4 章、第 5 章、第 6 章的要求。

8.2 桥梁监测的技术要求

8.2.1 桥梁监测点布设

8.2.1.1 桥墩(台)变形监测内容主要是桥墩偏位,监测点布设需要遵守下列规定。

- 桥墩垂直位移变形监测点应沿桥墩的纵、横轴线布设在外边缘,也可布设在墩面上;每个桥墩的监测点数,应根据桥墩实际情况确定。
- 墩顶偏位监测点宜布设在代表性桥墩顶部的易观测处。

8.2.1.2 主梁变形监测项目包括主梁的垂直位移、水平位移,监测点布设需要遵守下列规定。

- 梁体的变形监测位置宜布置在主跨跨中、1/4 跨、3/4 跨和边跨跨中。
- 每个梁体截面的变形监测点数,根据截面大小宜布设 2 个点~5 个点。
- 悬臂法浇筑或安装梁体的桥面线形监测点,应布设在每段梁体的前端截面,每个梁体截面监测点数,根据截面大小宜布设 2 个点~5 个点。
- 支架法浇筑或安装梁体的桥面线形监测点,宜在梁体的 1/4、1/2、3/4 处截面布点;每个梁体截面的监测点数,根据截面大小宜布设 2 个点~5 个点。

- c) 斜拉桥、悬索桥桥面线形、挠度监测点应在桥墩(索塔)和拉索锚固点梁体截面布点,每个梁体截面的监测点数,根据截面大小宜布设2个点~5个点。

8.2.1.3 拱肋的变形监测参数包括桥拱的垂直位移、水平位移。其中,拱顶垂直位移和水平位移,拱脚垂直位移和水平位移应重点监测,监测测点需要符合以下规定:

- a) 拱肋变形监测位置应包含拱顶、1/4跨、3/4跨和拱脚位置;
- b) 大跨拱桥需要适当增加监测断面;
- c) 钢管混凝土拱桥宜增加对钢管拱变形的监测。

8.2.1.4 桥塔的变形监测参数应包括桥塔的塔顶高程、顺桥向与横桥向的偏位等,监测测点布设需要遵守下列规定:

- a) 索塔垂直位移变形监测点宜布设在索塔底部的四角;
- b) 索塔倾斜、摆动变形监测点宜在索塔的顶部、中部和下部并沿索塔横向轴线对称布设。

8.2.1.5 重力式锚碇的垂直位移监测点应设置在重力式锚碇四个角点处;

8.2.1.6 主缆的偏位监测点应设置在主缆的跨中位置。

8.2.2 桥梁监测精度

桥梁监测的精度应根据桥梁的类型、结构、用途等因素综合确定,特大型桥梁的监测精度不宜低于二等,大型桥梁不宜低于三等,中小型桥梁可采用四等。

8.2.3 桥梁变形监测采样频率

桥梁变形监测采样频率应根据桥梁的结构特点、设计要求、功能要求等因素设定,需要遵守下列规定:

- a) 动态位移监测采样频率不宜低于20 Hz,静态位移监测采样频率不宜低于1 Hz;
- b) 当监测参数类别包括水平位移与垂直位移时,两者监测频次宜一致;
- c) 监测过程中,监测数据达到预警值或发生异常变形时应加大监测频率;
- d) 当洪水、地震、强台风等自然灾害发生时,或遇船只碰撞等特殊状况时,应加大监测频率。

8.2.4 桥梁监测数据分析

桥梁监测的数据分析需要遵守下列规定。

- a) 桥梁监测的各项原始记录数据,应及时整理、检查,剔除无效观测值。
- b) 桥梁监测数据分析宜采用作图分析法、统计分析法、对比分析法、建模分析法等对监测数据进行变形的几何分析和物理解释;当利用变形量与变形因子关系模型进行变形趋势预报时,应给出预报结果的误差范围及适用条件。
- c) 对较大规模的项目或较重要的项目进行桥梁监测数据分析,宜包括但不限于下列所有内容;对于较小规模的项目,至少应包括1)~3)的内容:
 - 1) 观测成果的可靠性分析;
 - 2) 监测体的累计变形量和两相邻观测周期的相对变形量分析;
 - 3) 特征值统计分析;
 - 4) 回归分析。

8.2.5 桥梁监测评估与预警

8.2.5.1 状态评估工作需要遵守下列规定:

- a) 桥梁状态评估即可基于监测数据分析,也可采用精确结构力学模型的桥梁状态评估方法,评估桥梁健康度;

b) 应根据桥梁日常运营监测数据分析和突发事件监测数据分析结果,研判桥梁使用功能,评估桥梁状态。

8.2.5.2 预警指标的选定需要遵守下列规定:

- a) 根据桥梁荷载作用、关键构件和整体结构的特点,分类选定;
- b) 具有相对的稳定性、广泛的适用性和较强的可操作性;
- c) 当不同指标间相互冲突时,应以反映桥梁最不利状况的指标为准。

8.2.5.3 北斗应用桥梁监测,宜选择桥塔倾斜值、桥墩位移值、重力式锚碇三维位移值、主梁挠度作为预警指标,预警级别和预警阈值可按照表 13、表 14、表 15、表 16 确定。

表 13 桥塔倾斜预警阈值

| 预警级别 | 预警阈值 |
|------|--|
| I | $\frac{(QX_{顺}-QX_{顺}^0)^2}{a_{QX}^2} + \frac{(QX_{横}-QX_{横}^0)^2}{b_{QX}^2} \geq 1$ |
| II | $\rho=0.3$ |
| | $\eta=0.75$ |
| III | $\rho=0.2$ |
| | $\eta=0.9$ |
| IV | 倾斜值超出正常监测数据 95% 的置信区间 |

注 1: $QX_{顺}$ 为桥塔顺桥向实测倾斜值; $QX_{横}$ 为桥塔横桥向实测倾斜值; $QX_{顺}^0$ 为桥塔顺桥向倾斜实测年平均值; $QX_{横}^0$ 为桥塔横桥向倾斜实测年平均值; ρ 为差异度; η 为曲线相似度。

注 2: 桥塔倾斜的 I 级预警值是按规范规定或设计单位给出的主塔横桥向和顺桥向的最大倾斜来设定,分别以最大顺桥向倾斜 a_{QX}^2 为椭圆的长半轴,最大横桥向倾斜 b_{QX}^2 为椭圆的短半轴,以主塔倾斜的年平均值 $QX_{顺}^0$ 和 $QX_{横}^0$ 为椭圆原点,该椭圆即为 I 级预警阈值,当主塔的倾斜监测值在椭圆外时,发出 I 级预警。

注 3: 内容引自 T/CECS 529—2018。

表 14 桥墩位移预警阈值

| 预警级别 | 预警阈值 |
|------|---|
| I | $ Pd_{RMS} - u_{Pd} / \sigma_{Pd} = 4.5$ |
| II | $ Pd_{RMS} - u_{Pd} / \sigma_{Pd} = 4.0$ |
| III | $ Pd_{RMS} - u_{Pd} / \sigma_{Pd} = 3.5$ |
| IV | $ Pd_{RMS} - u_{Pd} / \sigma_{Pd} = 3.0$ |

应以 1 年为周期,以每小时桥墩位移有效值(Pd_{RMS})为参量统计其均值(u_{Pd})和标准差(σ_{Pd})。

注: 内容引自 T/CECS 529—2018。

表 15 重力式锚碇三维位移预警阈值

| 预警级别 | 预警阈值 | |
|------|------------|-----------|
| | 水平向位移 | 竖直向位移 |
| I | 0.000 1 L | 0.000 2 L |
| II | 0.000 05 L | 0.000 1 L |

表 15 重力式锚锭三维位移预警阈值 (续)

| 预警级别 | 预警阈值 | |
|---|------------------|------------------|
| | 水平向位移 | 竖直向位移 |
| Ⅲ | 正常监测数据极大值 | 正常监测数据极大值 |
| Ⅳ | 正常监测数据 95% 的置信区间 | 正常监测数据 95% 的置信区间 |
| 注 1: L 为悬索桥主跨跨径, 单位为米(m)。 注 2: 内容引自 T/CECS 529—2018。 | | |

表 16 主梁挠度预警阈值

| 预警级别 | 预警阈值 |
|------|---------------------------------|
| I | 1.0 倍设计值或计算值, 或一个月内出现 10 以上二级超限 |
| II | 0.8 倍设计值或计算值 |

9 隧道洞口及仰坡监测

9.1 基本规定

9.1.1 基于北斗定位技术的隧道变形自动化监测, 包括隧道洞口仰坡地表位移监测、隧道洞门结构变形监测, 以及隧道施工影响范围内周边建(构)筑物的沉降监测。

9.1.2 根据不同的监测周期应分为施工期间监测和运营期间监测。

9.1.3 隧道监测的项目和内容应根据地质条件、地面环境、施工方法和设计要求等因素综合确定, 按照表 17 选择。

表 17 隧道监测的内容

| 阶段 | 主要监测项目 |
|--------|------------------------|
| 隧道施工阶段 | 隧道洞口仰坡地表位移监测 |
| | 隧道洞门结构变形监测 |
| | 隧道施工影响范围内周边建(构)筑物的沉降监测 |
| 隧道运营阶段 | 隧道洞口仰坡地表位移监测 |
| | 隧道洞门结构变形监测 |

9.1.4 隧道监测的精度应根据工程需要和设计要求确定, 重要的隧道结构变形监测可采用三等精度, 一般的隧道结构变形监测可采用四等精度。

9.2 隧道监测的技术要求

9.2.1 隧道监测点的布设

9.2.1.1 隧道监测点的布设应遵守 7.2.1~7.2.2 的有关规定。

9.2.1.2 应结合地表沉降, 在有可能发生滑移的洞口高边坡段, 设置地表水平位移和垂直位移监测点。

9.2.1.3 应根据工程地质和水文地质条件,隧道洞门结构种类,周边建(构)筑物的体型特征、基础形式、结构种类、建(构)筑物的重要程度及其与隧道的距离等因素,综合考虑监测点的布设和数量。

9.2.1.4 监测点应牢固、可靠、易于识别,应能真实反映围岩、支护的动态变化信息。

9.2.1.5 浅埋段隧道应进行地表水平位移和垂直位移监测。

9.2.1.6 在开挖面与量测断面的距离达到隧道开挖宽度的3倍之前,应布设地表水平位移和垂直位移监测点。

9.2.1.7 当地表有建(构)筑物时,应在建(构)筑物周围增设地表水平位移和垂直位移测点。地表下沉量测断面纵向间距应符合表18的规定。

表 18 地表下沉量测断面纵向间距

| 隧道埋深 | 纵向测点间距 m |
|--|-------------|
| $h > 2.5b$ | 视情况布设监测断面 |
| $b < h \leq 2.5b$ | 10~20 |
| $h \leq b$ | 5~10 |
| 注:内容引用自 JTG/T 3660—2020。 h 为隧道埋深,单位为米(m); b 为开挖宽度,单位为米(m)。 | |

9.2.2 隧道监测成果

隧道监测成果应包括以下内容,并纳入交竣工文件:

- 现场监控量测计划;
- 实际测点布置图;
- 监测点位移-时间曲线图、空间关系曲线图,以及监测记录汇总表;
- 变更设计和改变施工方法地段的信息反馈记录;
- 监测其他说明;
- 其他内容可参考 6.7 的有关规定。

9.2.3 隧道安全自动化监测

基于北斗定位技术的隧道安全自动化监测还应符合第4章、第5章、第6章的要求。

10 交通基础设施沿线地质灾害监测

10.1 基本规定

10.1.1 基于北斗定位技术的交通基础设施沿线的地质灾害监测,宜包含滑坡、崩塌、地面塌陷形变。

10.1.2 地质灾害监测应在搜集资料和现场地质灾害调(勘)查的基础上开展。

10.1.3 资料搜集应包括地质灾害的评估、勘查、防治设计、监测、形成条件、诱发因素、变形活动特征、周边环境条件等资料。

10.1.4 现场地质灾害调(勘)查工作应复核搜集的资料与现状地质灾害变形的关系,调查和分析地质灾害的形成条件、空间分布、变形活动特征、诱发因素与形成机制等,确定地质灾害监测的重点部位并进行拍照、录像或绘制素描图。

10.2 地质灾害监测技术要求

10.2.1 监测点的布置需要遵守下列要求：

- a) 地表位移监测点应布设在交通基础设施地质灾害体上；
- b) 监测点应布设在灾害体变形量较大、稳定性状态差之处；
- c) 监测点应按监测剖面组网进行整体控制，监测剖面应能达到监测滑坡、崩塌的变形量、变形方向的目的，以掌握其时空动态特征，判别发展趋势；
- d) 每处地质灾害隐患应布设不少于 2 个监测剖面，每个监测剖面应布设不少于 2 个监测点，且监测点间距宜不大于 50 m；
- e) 监测剖面应穿过滑坡、崩塌的不同变形地段或块体，不仅需要重点考虑滑坡、崩塌的群体性和次生复活特性，还应兼顾外围小型滑坡、崩塌和次生灾害体。

10.2.2 监测点位布置应避开以下位置：

- a) 地势低洼，易积水淹没之处；
- b) 埋设有地下管线处；
- c) 位置隐蔽，信号不佳处；
- d) 人畜易扰动破坏处。

10.2.3 监测站的安装应满足稳定、可测和具有施工条件等要求，监测点应具备较好的人机可达性和基础施工条件。

10.2.4 监测设备需要具有良好的稳定性和可靠性，适应监测点的地质环境条件，具备防雷、防水、防尘及耐高低温等基本性能。

10.2.5 监测站的安装应遵守附录 A 和附录 D 的规定。

10.2.6 应采取措施保护监测站，定期对监测设备设施进行检查与维护。

10.2.7 地质灾害监测频率应根据监测级别、发育阶段、稳定状态、自然条件等因素确定，并能反映所监测地质灾害体重要变化过程及典型变化阶段，监测频率的确定应遵守下列要求。

- a) 自动化监测应连续。
- b) 在汛期、冻融期应加密监测。
- c) 当出现下列情况之一时，应提高监测频率：
 - 1) 监测数据变化较大或速率加快；
 - 2) 地灾体及周边大量积水、长时间降雨等不利天气；
 - 3) 地面不利荷载突然增大或减小；
 - 4) 地灾体裂缝异常变化、前缘地下水变浑浊或水位快速变化；
 - 5) 其他影响地灾体及周边环境安全的异常情况。

10.2.8 地质灾害监测成果：

- a) 应及时整理监测资料，分析地质灾害活动特征、发展趋势，编制监测报告和相关图表；
- b) 地质灾害监测的记录、计算资料和技术成果应进行组卷、归档；
- c) 其他可参考 6.7 的有关规定。

10.2.9 基于北斗定位技术的地质灾害安全自动化监测还应符合第 4 章、第 5 章、第 6 章的要求。

附 录 A
(规范性)
北斗监测桩的埋设

A.1 土质地基的监测桩的埋设

A.1.1 适用范围:土质地基的北斗监测桩安装位置以土壤地面为主,所以一般采用开挖式基槽或地插膨胀式基槽,然后浇筑混凝土的方式固定。

A.1.2 开挖式基槽施工图见图 A.1。

A.1.3 开挖式基槽施工应遵守下列规定:

- a) 开挖的坑槽应能保证基础稳固可靠,对于不同高度的杆件可采用不同规格;
- b) 在坑槽周边的坑壁土上喷洒适量水,并夯实坑壁土,稳固坑体;
- c) 应埋设具有防电防雷功能的地极线;
- d) 基岩基础的,应对基岩表面进行适当整理与冲洗。

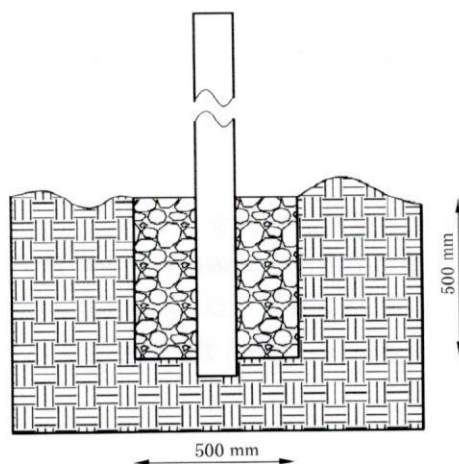


图 A.1 开挖式基槽施工图

A.1.4 地插膨胀式基槽施工应遵守下列规定:

- a) 对地基进行钻孔,钻孔直径应不小于 5 cm,钻孔深度应不少于 60 cm;
- b) 采用原位土活泥浆填充空隙。

A.1.5 基坑内放入监测桩的主体立杆并稍向下压入土壤中,使立杆受力点稳固。对于土壤条件不好的场地,可以采用辅助支架支撑立杆,使之稳固。

A.1.6 保持立杆在竖直的状态,倒入搅拌好的混凝土,慢慢振捣密实。

A.1.7 混凝土持续倒入坑槽后,在混凝土面整平至设计尺寸时,停止向坑槽内倒入水泥混凝土,用水泥刮刀刮平整。

A.2 非土质地基的监测桩的埋设

A.2.1 适用范围:非土质地基的北斗监测桩安装位置主要以岩、土、砂石等混合地面为主,不适合深挖基础预埋,通过修整地面,采用膨胀螺栓的方法,在监测桩立杆底部增设法兰安装面。

A.2.2 非土质地基监测桩的埋设应遵守下列规定。

- a) 清理安装面,清理区域的面积尺寸约为 300 mm×300 mm 的矩形长度,确保在该尺寸范围内

表面平整度偏差不超过 5 mm。

- b) 混凝土安装面应清除浮砂、灰尘等杂物,钢板安装面需要适当清理表面油污、锈迹等杂物。
- c) 监测桩固定时,根据安装环境不同,多采用焊接或膨胀螺栓固定工艺,具体方法如下。
 - 1) 对于混凝土安装面,采用冲击钻在表面打直径为 12 mm,深度为 100 mm 的安装孔 4 个,钻孔位应远离边缘,防止混凝土崩裂;在 4 个安装孔内埋入 M10×80 的膨胀螺栓,然后将底座对齐螺栓放入,采用沿对角线依次上紧的方式拧紧螺母。在保证其垂直的情况下,完成监测桩安装。
 - 2) 对于钢板安装面,在基底涂刷结构胶,调整监测桩垂直度后,将监测站底座焊接于钢板,并做防锈蚀处理。
 - 3) 对于临时建(构)筑物或特殊结构,亦可采用胶粘、抱箍等固定工艺,亦可采用“L”型立柱等多形式监测桩,应能满足方案要求,满足使用要求。

附 录 B

(资料性)

基于北斗定位技术的边坡安全自动化监测观测手簿

B.1 封面

基于北斗定位技术的边坡安全自动化监测

观 测 手 簿

编号 No. _____

测量级别 _____

起止日期 _____

项目名称 _____

点 名 _____

点 号 _____

测量单位 _____

附录 C
(资料性)
监测日报表

监测日报表见表 C.1。

表 C.1 监测日报表

监测项目名称：_____ 天气：_____ 报表编号：_____

本次监测时间：_____年__月__日__时 上次监测时间：_____年__月__日__时

| 监测点 | 水平位移 | | | | | | | | 垂直位移 | | | | 预警等级 | | | |
|----------|------------|-------------|------------|-------------|---------------|-------------|-------|-----------------------|--------------|-------------|------------|--|-------|--|--|--|
| | 位移量 mm | | | | | | 控制值 | 位移速率 v_z mm/d | | 控制值 | | | | | | |
| | Δ_x | | Δ_y | | Δ_{xy} | | | 位移量 mm | 位移速率 mm/d | 本次累计 变化量 | 本次位移 速率 | | | | | |
| | 本次 变化量 | 本次累计 变化量 | 本次 变化量 | 本次累计 变化量 | 本次 变化量 | 本次累计 变化量 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 仪器 设备 | 设备名称： | | | | | | 仪器型号： | | | | | | 设备编号： | | | |

监测人员：_____

监测单位：_____

第 页 共 页

附录 D

(规范性)

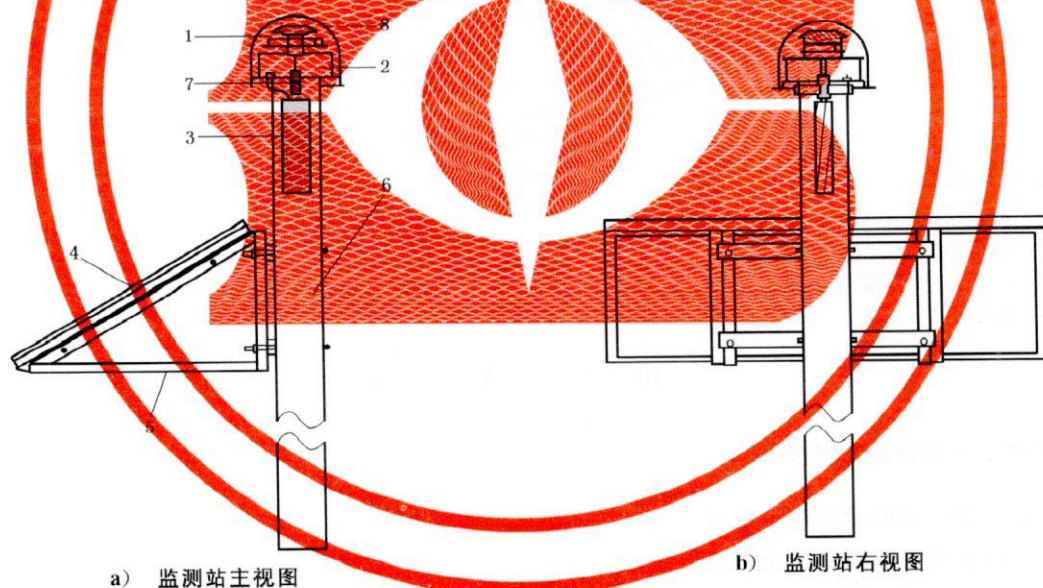
监测站的安装

D.1 太阳能供电的监测站安装

D.1.1 太阳能供电的监测站结构见图 D.1, 光伏支架结构见图 D.2。

D.1.2 监测站的安装应遵守下列规定：

- a) T 型支架组装: 将 M16×60 的螺栓穿入方钢管中, 用 M16 的螺母拧紧;
- b) 锂电池安装: 将锂电池放入监测站主体立杆的中空处, 锂电池的挂钩挂在主体立杆上端的方形开孔处;
- c) T 型支架安装: 将 T 型支架一头斜插入监测站主体立杆上端另外一侧的方形开孔处, 然后将另一头往回退入对应的方孔, 将两枚定位销, 分别插入方钢管的定位孔, 锁稳;
- d) 监测接收机安装: 将监测接收机的安装螺孔对准 T 型支架上伸出来的螺柱, 旋转拧入, 直至具备一定的预紧力使监测接收机不再晃动;
- e) 连接线路: 将光伏板电线的航空插头和锂电池的航空插头, 插入监测接收机对应的插座位置拧紧。



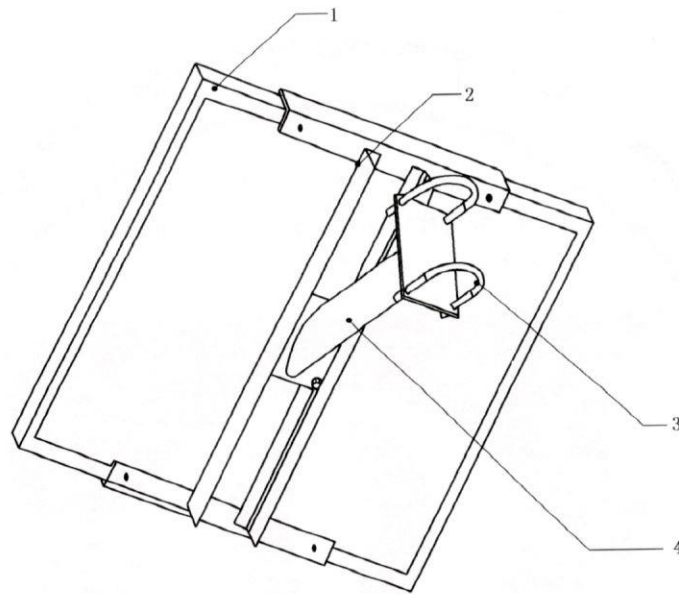
标引序号说明:

- 1——监测接收机;
- 2——支座;
- 3——锂电池;
- 4——太阳能光伏板;
- 5——光伏支架;
- 6——立杆;
- 7——T 型支架;
- 8——天线罩。

图 D.1 太阳能供电的监测站结构示意图

D.1.3 光伏支架安装需要遵守下列规定。

- a) 支架分为两部分,分别是横支架和斜支架,横支架采用 5 mm 厚镀锌钢板和直径 63 mm 的镀锌空心圆管焊接制成,起主体支撑作用,紧固在柱体上;斜支架采用 3 mm 厚镀锌钢板折弯焊接而成,起支撑光伏板的作用,可以对光伏板形成一定的保护。
- b) 将光伏支架在地上组装拼接完毕,然后将支架抬高放置于立杆上部指定位置,通过抱箍将立杆和光伏支架横穿连接,然后抱箍螺母与抱箍连接起来。
- c) 安装时应注意光伏板支架的方向,考虑到光伏板朝南发电效率最高,光伏支架尽可能朝南。无条件朝北时,应将光伏板调节到一个水平角度。



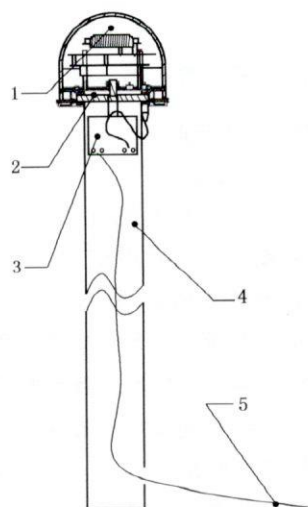
标引序号说明:

- 1——光伏板;
- 2——斜支架;
- 3——U 型螺栓(抱箍);
- 4——横支架。

图 D.2 光伏支架结构图

D.2 市电供电的监测站的安装方法**D.2.1 市电供电的监测站结构见图 D.3。****D.2.2 市电供电的监测站的安装应遵守下列规定。**

- a) T 型支架组装:将 M16×60 的螺栓穿入方钢管中,用 M16 的螺母拧紧。
- b) 变压器安装:将变压器放入监测站主体立杆的中空处,变压器的挂钩挂在主体立杆上端的方形开孔处。
- c) T 型支架安装:将 T 型支架一头斜插入监测站主体立杆上端另外一侧的方形开孔处,然后将另一头往回退入对应的方孔,将两枚定位销,分别插入方钢管的定位孔,锁稳。
- d) 监测接收机安装:将监测接收机的安装螺栓对准 T 型支架上伸出来的螺柱,旋转拧入,直至具备一定的预紧力使监测接收机不再晃动。
- e) 市电供电线路安装:供电线路通过线管穿线的方式接入监测桩下部的穿线孔;将电线顺着柱体内部的空间穿到 T 型支架附近,接入挂在 T 型支架上的变压器,变压器的出线接好航空插头的公头后从出线孔穿出,插入监测接收机的航空插头母头处,完成供电线路的连接。



标引序号说明：

- 1——监测接收机；
- 2——T 型支架；
- 3——变压器；
- 4——立杆；
- 5——市电供电线路。

图 D.3 市电供电的监测站结构示意图

参 考 文 献

- [1] GB/T 24356 测绘成果质量检查与验收
 - [2] GB/T 32864 滑坡防治工程勘查规范
 - [3] GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
 - [4] GB 50462 数据中心基础设施施工及验收规范
 - [5] GB 50982 建筑与桥梁结构监测技术规范
 - [6] BD 420020 北斗/全球卫星导航系统(GNSS)基线处理及网平差软件要求与测试方法
 - [7] 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
 - [8] CH/T 2009 全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范
 - [9] CJJ/T 73 卫星定位城市测量技术标准
 - [10] JT/T 1037—2022 公路桥梁结构监测技术规范
 - [11] JTG H12—2015 公路隧道养护技术规范
 - [12] JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范
 - [13] JTG/T 3660—2020 公路隧道施工技术规范
 - [14] YS/T 5229 岩土工程监测规范
 - [15] DB11/T 1677 地质灾害监测技术规范
 - [16] T/CECS 529—2018 大跨度桥梁结构健康监测系统预警阈值标准
 - [17] RTCM 10403.2 DIFFERENTIAL GNSS(GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS)SERVICES-VERSION 3
 - [18] RINEX Version 3.03 The Receiver Independent Exchange Format
-

中国科技产业化促进会
团 体 标 准
交通基础设施北斗应用监测技术规范
T/CSPSTC 83—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

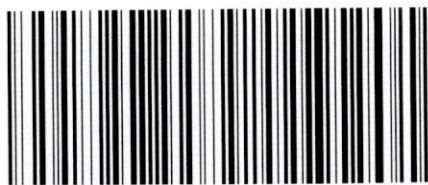
*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 70 千字
2022年8月第一版 2022年8月第一次印刷

*

书号: 155066·5-4668 定价 41.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/CSPSTC 83—2021



码上扫一扫 正版服务到