

交通基础设施北斗应用监测技术标准

Technical specification for traffic infrastructure monitoring based
on BeiDou application

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

深圳市住房和城乡建设局发布

目 次

前 言	1
1 总 则	1
2 术语和缩略语	2
2.1 术语	2
2.2 缩略语	2
3 基本规定	4
3.1 一般规定	4
3.2 北斗监测系统组成	4
3.3 选点	5
3.4 监测站和基准站	5
3.5 变形监测	10
3.6 数据采集与传输	11
3.7 监测平台	11
3.8 监测成果	13
4 边坡监测	14
4.1 一般规定	14
4.2 技术要求	14
5 桥梁监测	16
5.1 一般规定	16
5.2 技术要求	16
6 隧道洞口及仰坡监测	19
6.1 一般规定	19
6.2 技术要求	19
7 交通基础设施地质灾害监测	21
7.1 一般规定	21
7.2 技术要求	21
附录 A 北斗监测桩的埋设	22
附录 B 监测站的安装	24
条文说明	27
1 总 则	28
2 术语和缩略语	29
3 基本规定	30
3.1 一般规定	30
3.2 北斗监测系统组成	30
3.3 选点	30

3.4	监测站和基准站	30
3.5	变形监测	30
3.6	数据采集与传输	30
3.7	监测平台	31
4	边坡监测	32
4.1	一般规定	32
4.2	技术要求	32
5	桥梁监测	33
5.1	一般规定	33
6	隧道洞口及仰坡监测	34
6.1	一般规定	34
6.2	技术要求	34
7	交通基础设施地质灾害监测	35
7.1	一般规定	35

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》及 GB/T 20001.5—2017《标准编写规则 第5部分：规范标准》的规定起草。

本规范共分7章和2个附录，主要技术内容包括总则、术语、基本规定、边坡监测、桥梁监测、隧道洞口及仰坡监测、交通基础设施地质灾害监测。

本规范由深圳市交通运输局提出并业务归口，深圳市住房和建设局批准发布。XXX 负责具体技术内容的解释。

本规范主编单位：

本规范参编单位：

本规范主要起草人员：

本规范主要审查人员：

本标准主要指导人员：

交通基础设施北斗应用监测技术标准

1 总 则

1.0.1 为规范深圳市交通基础设施北斗监测技术工作，做到技术先进、经济合理、成果可靠，确保交通基础设施及周边环境安全，特制定本标准。

1.0.2 本标准根据北斗技术特点，结合交通基础设施的主要结构类型，规定了监测项目、精度、技术要求，以及提交的成果资料，可作为北斗监测技术在深圳市交通基础设施监测应用的依据。

1.0.3 交通基础设施北斗监测技术除应符合本标准外，还应符合国家、行业、广东省和深圳市现行有关标准的规定。

2 术语和缩略语

2.1 术语

2.1.1 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。

2.1.2 监测平台 monitoring platform

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。

2.1.3 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。

2.1.4 北斗安全监测预警 BeiDou safety 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。

2.1.5 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警戒值，该警戒值即为预警阈值。

2.1.6 监测桩 monitoring pillar

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

2.2 缩略语

DTU	数据传输设备	Data Terminal Unit
RTU	远程终端单元	Remote Terminal Unit
LoRa	远距离无线电	Long Range Radio
4G/5G	第四代和第五代移动通信技术	4th Generation Mobile Communication Technology/5th Generation Mobile Communication Technology
PDOP	位置精度因子	Position Dilution Of Precision
MP	多路径误差	multipath error
BDS	北斗卫星导航系统	BeiDou navigation satellite system
GNSS	全球卫星导航系统	Global Navigation Satellite System
RTK	实时动态	Real Time Kinematic
RINEX	接收机自主交换格式	Receiver Independent Exchange Format
NEMA	美国国家海洋电子协会制定套通讯协议标准	National Marine Electronics Association
LPAO _A	受直接雷击和全部雷电电磁场威胁	lightning protection zone OA

	胁的区域	
LPAO _B	直接雷击的防护区域，但该区域的威胁仍是全部雷电电磁场	lightning protection zone 0B
LPA ₁	由于边界处分流和浪涌保护器的作用使浪涌电流受到限制的区域	lightning protection zone 1
RTCM	海事无线电技术委员会	Radio Technical Commission for Maritime Services
ENU	站点坐标系	East-North-Up
UTC	协调世界时	Coordinated Universal Time
WGS84	WGS-84 坐标系	World Geodetic System — 1984 Coordinate System
DOP	精度衰减因子	Dilution of Precision
BP	神经网络	Back Propagation

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 北斗监测技术内容应主要包括选点、监测站和基准站、变形监测、数据采集与传输、监测成果展示。

3.1.2 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应符合下列规定：

- 1 预警信息类型应包括设备故障预警信息和北斗监测点位移预警信息；
- 2 预警阈值取值应考虑监测点位地理环境和结构特征，取值范围应能够反映灾害风险发生的临界变形值；
- 3 监测点位移预警阈值设置不应低于监测精度；
- 4 预警阈值设置应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；
- 5 预警阈值宜根据设计容许值、理论计算值、数值分析值、监测数据值、成熟经验设置，并以定量的方式给出。

3.1.3 预警信息应由专门的发布机构或被授权机构，根据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。

3.1.4 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4章至第7章的有关规定。

3.1.5 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 39267、GB/T 39396.1、GB/T 39397.2、GB/T 39798、GB/T 39399、GB/T 39414、GB/T 39723、GB/T 39772.1 的有关规定。

3.2 北斗监测系统组成

北斗监测系统应由北斗卫星系统和北斗地面监测系统组成，地面监测系统应由监测站和基准站、监测平台组成。

3.2.1 监测站和基准站

- 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。
- 2 监测站和基准站应包括监测桩、监测接收机、数据传输系统、状态监控、供电系统、防雷系统。
- 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。

3.2.2 监测平台

- 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、预警等功能。
- 2 监测平台应包括数据中心、数据通信系统：
 - 1) 数据中心。当监测设备未集成数据通信系统时，应采用外挂通信系统将监测设备的数据传输至数据中心。数据中心组成如下：
 - a) 服务器。应具备北斗解算程序、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。
 - b) 展示平台。应具备对接服务器解算数据，将数据进行展示的功能。
 - c) 后台调试设备。应具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的功能。

- 2) 数据通信系统。数据通信系统应能够对观测数据、运行状态数据、数据文件按国际通用标准规定的传输协议与数据格式传输。数据通信系统组成如下：
- a) 数据采集设备。应采用 DTU、RTU 或 LoRa 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。
 - b) 数据传输设备。应包括 4G/5G、Wi-Fi、物联网卫星通信等通信天线以及数据线。
 - c) 调试接口。应具备本地控制或远程控制设备，传输控制指令和配置信息功能。

3.3 选点

3.3.1 选点的地理条件

1 基准站选点应遵守以下要求：

- 1) 长期运行基准站应建立在地质构造坚固稳定、利于长期保存、交通便利的地方，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；
- 2) 短期基准站宜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；
- 3) 基准站应位于周围无显著电磁信号干扰，点位周围环视高度角 10° 以上无障碍，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，同时具有良好的保障环境，便于站点长期连续运行；
- 4) 选点应选择周围地形、地物、电磁等环境变化较小、远离水面的区域；
- 5) 应具备满足一定高度截止角指标的卫星通视条件；高度截止角指标应符合基准站环境数据质量相应级别的规定；
- 6) 选点应考虑与规划和未来发展相协调。

2 监测站选点应遵守以下要求：

- 1) 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；
- 2) 应根据工程地质和水文地质条件，周边建（构）筑物的体型特征、基础形式、结构种类、建（构）筑物的重要程度等因素，综合考虑监测站的布设和数量；
- 3) 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 200m；
- 4) 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 200m；
- 5) 应避开采矿区、轨道交通、公路等容易产生振动的地带。

3.4 监测站和基准站

3.4.1 监测站和基准站应符合以下要求：

- 1 具有断电续航功能，在断电情况下应能持续工作 3d 以上；
- 2 具备故障自恢复机制，系统故障率不大于 5%；
- 3 具备防雷及抗干扰功能，防雷电感应为 1000V；
- 4 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 3.4.1。

表 3.4.1 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	≥ 8000	10
	B 级	≥ 4000	10
	C 级	≥ 2000	15
观测数据完整率	A 级	$\geq 98\%$	10
	B 级	$\geq 95\%$	10
	C 级	$\geq 95\%$	15

3.4.2 基准站数据采集要求

- 1 基准站能采集 BDS 的频点信号应包括 B1I、B1C、B2I、B2a、B2b、B3I 等。
- 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 3.4.2-1。

表 3.4.2-1 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	$(0.3 \text{ m}, 0.5 \text{ m}]$	$(0.5 \text{ m}, 0.65 \text{ m}]$
周跳比	≥ 4000	≥ 2000
观测数据完整率	$\geq 95\%$	$\geq 95\%$

- 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 3.4.2-2。

表 3.4.2-2 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

3.4.3 监测接收机

- 1 接收机结构与外观应符合以下规定：
 - 1) 接收机应由 GNSS 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 测量的接收机应配备）等组成；
 - 2) 接收机应有参数配置、数据下载及数据格式转换的软件；
 - 3) 接收机各连接部件的连接应稳定可靠；
 - 4) 表面应无明显的划痕、裂缝和变形；
 - 5) 外壳应有一定的刚度和强度；
 - 6) 各按键应操作灵活、无卡滞现象。
- 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。
- 3 具备输出 RINEX 格式的原始数据和 NMEA 格式的结果数据的能力，数据格式应符合 GB/T 39414 的有关规定。
- 4 监测接收机应能支持流动站和基准站工作模式。
- 5 监测接收机的安置应符合以下规定：
 - 1) 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° ；
 - 2) 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；
 - 3) 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；
 - 4) 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，宜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 3mm；接收机天线安置完毕后，其对中误差不应大于 1mm。
- 6 监测接收机的维护应符合以下规定：
 - 1) 监测接收机等仪器应由专人保管，不论采用何种运输方式，均应采取防震措施，不应碰撞、倒置或重压；
 - 2) 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，其接头和连接器应保持清洁，确保其完整性及正常使用；
 - 3) 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，箱内干燥剂应及时更换；
 - 4) 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；
 - 5) 当接收机天线置于高标及其他设施的顶端作业时，应采取加固与避雷措施；
 - 6) 监测接收机在室内存放期间，室内应定期通风，每隔 1~2 个月应通电检查一次，监测接收机内电池应保持充满电状态，外接电池应按时充放电；
 - 7) 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。

3.4.4 监测桩

- 1 监测桩应符合下列规定：
 - 1) 监测桩结构由防水外壳、刚体筒柱等组成；
 - 2) 根据不同的结构物类型及应用场景，监测桩桩长应设置不同规格长度，长度应满足现场实际监测需要；
 - 3) 监测桩组装完毕后（含预埋部分）整体重心应处于其高度的 $1/3$ 处以下；

- 4) 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 0.2mm;
 - 5) 监测桩表面应进行防腐处理;
 - 6) 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;
 - 7) 为确保监测桩整体的刚性, 立杆宜选用直径 120mm 以上的型材钢管, 壁厚不小于 2mm;
 - 8) 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, 开孔总面积应小于 0.01 m^2 。
- 2 监测桩的安装应符合下列规定:
- 1) 监测桩安装应牢固可靠;
 - 2) 监测桩垂直度应满足验收技术要求;
 - 3) 监测桩高度应满足设计要求;
 - 4) 监测桩接收机天线设备应在避雷针的保护范围内;
 - 5) 监测桩的安装与埋设应遵守附录 A 的规定。

3.4.5 供电系统

- 1 北斗监测设备供电宜采用太阳能供电系统或市电供电系统等多种方法。
- 2 北斗太阳能供电系统应符合下列技术要求:
 - 1) 太阳能电池板朝向方位应无植被和建筑遮挡;
 - 2) 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 15d;
 - 3) 蓄电池常规条件下所用电压与容量应根据北斗测站所处地理位置光照条件及应用需求确定, 其外观材质需要具有良好的防腐阻燃功能。
- 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:
 - 1) 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;
 - 2) 端子应适用于制造商规定的导体类型及截面范围;
 - 3) 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。

3.4.6 防雷系统

- 1 防雷系统应采用等电位连接和接地保护措施, 并宜搭配能量配合的浪涌保护器、电磁屏蔽等多种防护措施。
- 2 北斗系统防雷与接地设计应符合下列规定:
 - 1) 在接地装置设计中, 应将接收机天线基础接地体电力变压器接地装置及站内各建筑物接地装置互相连通组成共用接地装置;
 - 2) 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;
 - 3) 接收机天线的波导管应在天线架和机房入口外侧接地;
 - 4) 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;
 - 5) 接收机天线应设置防直击雷的接闪装置;
 - 6) 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。

3 等电位连接与共用接地系统设计应遵守下列规定：

- 1) 等电位连接的结构形式应采用 S 型、M 型或它们的组合，见图 1；
- 2) 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应以最短的距离与 S 型结构的接地基准点或 M 型结构的网格连接；

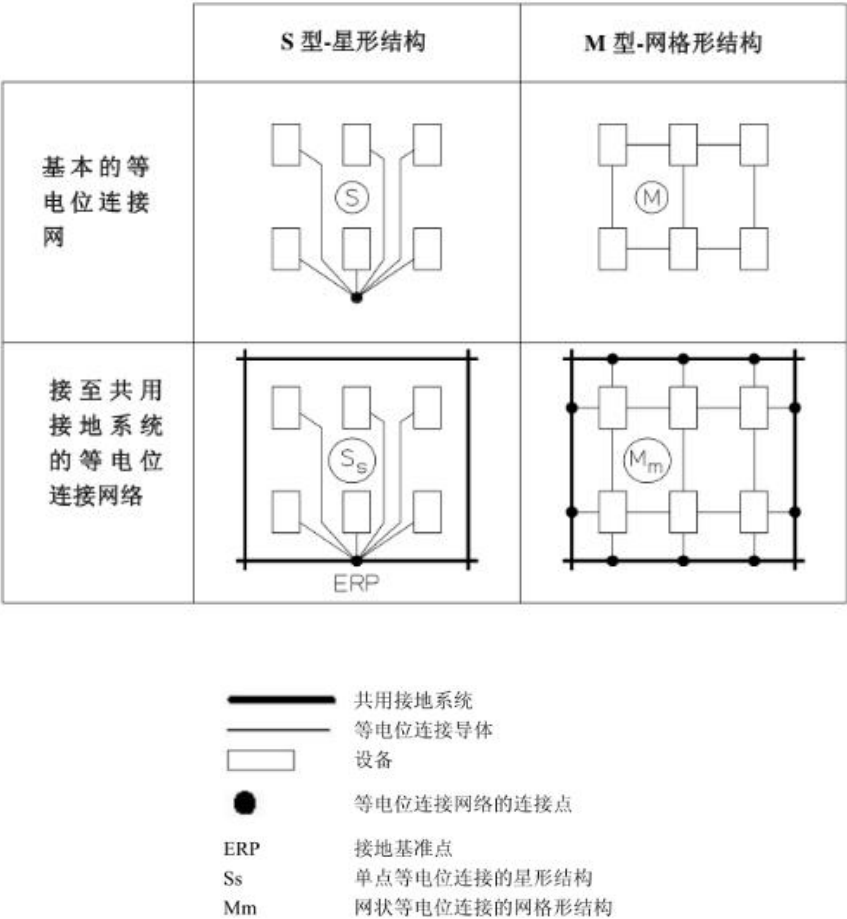


图 1 北斗防雷系统等电位连接网络的基本方法

- 3) 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；
 - 4) 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；
 - 5) 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；
 - 6) 防雷系统接地线不应从接闪带、铁塔、防雷引下线直接引入。
- 4 浪涌保护器的选择应遵守下列规定：
- 1) 接收机天线应置于 LPZO_A 内；
 - 2) 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；
 - 3) 浪涌保护器应安装在收/发通信设备的射频出、入端口处；

- 4) 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 LPZO_A 或 LPZO_B 与 LPZ₁ 边界处的等电位接地端子板上, 导线截面积不应小于 6mm²。同轴电缆的前、后端及进机房前应将金属屏蔽层就近接地。

3.4.7 监测站的检查和维护

- 1 应定期对监测站进行巡检, 极端天气情况下每月巡检次数不少于一次, 非极端天气每两月巡检次数不少于一次, 检查有无破坏情况、设备运行状态情况。
- 2 应定期检查监测设备仪器机箱内部状态, 对有异议的机箱进行清理, 对锈蚀或有破损的接线端子进行更换。
- 3 应定期检查太阳能充电板, 对有灰尘或杂物覆盖的太阳能电板进行清理, 太阳能板被遮挡的北斗监测点应及时处理, 确保太阳能板的正常运行。
- 4 应定期对蓄电池电量情况进行人工巡查, 所选用太阳能控制模块应具备电量查询功能, 对电量不足或损坏的电池, 应及时更换。

3.5 变形监测

3.5.1 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。

3.5.2 实地环境测试应持续 24h 以上, 基准站数据可用率应大于 85%, 多路径误差小于 0.5m。

3.5.3 接收机搜到的北斗卫星数量不应少于 4 颗。

3.5.4 接收机启动前与作业过程中, 应按照规定填写测量手簿的记录项目。

3.5.5 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, 沿用以往的身份标识号 ID 或重新设置平台身份标识号 ID。

3.5.6 当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。

3.5.7 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, 在接收机正式启动后应防止人为引起的设备震动、误触接收机天线等造成的信号干扰。

3.5.8 水平位移监测方法应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。

3.5.9 竖向位移观测方法应采用北斗静态测量法, 通过各期的竖向位移观测可绘制竖向位移曲线图。

3.5.10 标称精度表示为: $a+b \times D$, 其中 a 为固定误差, 单位 mm, b 为比例误差, 单位 mm/km, D 为基线长度, 单位 km。卫星定位设备宜选用多频、标称静态小于等于 $(5+1 \times 10^{-6} \times D)$ 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:

- 1 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;
- 2 作业参数要求, 观测时段长度大于或等于 30min, 数据采样间隔 10s~30s, PDOP 小于或等于 5;
- 3 应采用零相位天线, 削弱多路径误差, 对中误差不应大于 0.5mm。

3.5.11 观测过程中不应进行以下操作:

- 1 关闭、重启接收机;
- 2 进行自测试;
- 3 改变卫星截止高度角;
- 4 改变数据采样间隔;
- 5 改变接收机天线位置;
- 6 按动关闭文件功能键和删除文件功能键。

3.6 数据采集与传输

3.6.1 监测接收机的数据采集需要遵守下列规定：

- 1 采集星历应覆盖监测使用到的卫星系统；
- 2 根据项目需求，可采集基准站和监测站坐标，以 RTCM3. X 格式存储和传输；
- 3 观测数据采样间隔按照监测项目需求制定，一般的选择有 1s, 15s, 30s 等；
- 4 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 1h；
- 5 应当每隔固定时间将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。

3.6.2 监测接收机的数据传输方法需要符合下列规定：

- 1 数据传输应有蜂窝移动通信和 Wi-Fi 通信及串口通信方式；
- 2 数据传输应采取完整、稳定、安全的方式，且不宜少于两种；
- 3 接收机进行无线数据传输时不应干扰卫星信号接收产生干扰；
- 4 观测数据传输间隔应不高于 1h，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；
- 5 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，接收机站点信号及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。

3.6.3 监测采样频率应符合下列规定：

- 1 变形监测采样频率应根据监测对象的结构特点、设计要求、功能要求等因素设定；
- 2 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；
- 3 当洪水、地震、强台风等自然灾害发生或恶劣气候时，应加大监测频率。

3.7 监测平台

3.7.1 功能

监测平台应具备数据存储、处理、分析、展示、监测预警等功能。

3.7.2 数据存储

- 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：
 - 1) 北斗原始数据存储文件格式为 RTCM3. X，北斗解算数据采用 RINEX3. 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。
 - 2) 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：
 - a) 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 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；
 - b) 解算参数存储在监测平台，由监测平台配置给每个项目；
 - c) 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。
 - 3) 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。
- 2 原始观测记录、存储应完整、准确，原始数据应备份。

3.7.3 数据处理

- 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。

- 2 北斗数据解算项目应包含卫星系统、信号波段、观测量类型(伪距和载波)、信噪比。
- 3 原始数据应检查数据的连续性,判断是否存在周跳。
- 4 数据解算应遵守下列规定:
 - 1) 利用伪距观测信息进行最小二乘算法估计,获得监测站和基准站的大致坐标;
 - 2) 获得估计坐标后,进行双差运算消除大气误差和钟差;
 - 3) 利用载波观测信息固定模糊度,获得高精度基线向量;
 - 4) 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;
 - 5) 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。
- 5 北斗基线解算应遵守下列规定:
 - 1) 原始数据应进行误差分析并建立误差模型;
 - 2) 应用 Saastamoinen 模型进行对流层延迟修正;
 - 3) 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;
 - 4) 应用 ENU 本地坐标系展示基线向量坐标;
 - 5) 应用 Levenberg—Marquadt 拟合指数模型或正弦模型进行多路径和接收机噪声误差修正;
- 6 数据解算平差后处理方法需要符合下列规定:
 - 1) 平差后处理选用的历史数据长度根据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 1440 个~2880 个观测历元作为历史数据;
 - 2) 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;
 - 3) 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;
 - 4) 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。

3.7.4 数据分析

- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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 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。
- 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。

3.7.5 数据展示

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

3.7.6 监测预警

- 1 北斗监测系统应具备以下特点：
 - 1) 多指标和多层次的预警体系；
 - 2) 实时、自动和明显的预警方式；
 - 3) 发布、调整 and 解除预警信息。
- 2 北斗监测平台应具备以下预警功能：
 - 1) 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；
 - 2) 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；
 - 3) 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。

3.8 监测成果

3.8.1 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。

3.8.2 北斗监测设计方案，应包括下列主要内容：

- 1 项目概况；
- 2 编制依据；
- 3 监测项目及内容；
- 4 监测实施及技术措施；
- 5 质量保证措施；
- 6 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；
- 7 监测频率及预警；
- 8 监测数据分析及成果提交。

3.8.3 阶段性监测报告，应包括下列主要内容：

- 1 每期观测成果；
- 2 与前一期观测间的变形量和变形速率，提出预测变化趋势；
- 3 本期观测后的累计变形及说明；
- 4 变形监测图表及说明；
- 5 监测过程中需要说明的事项。

3.8.4 变形监测技术总结报告，应包括下列主要内容：

- 1 监测内容及基本技术要求；
- 2 作业过程及技术方法；
- 3 观测成果汇总；
- 4 变形监测图表及说明；
- 5 变形监测过程中需要说明的事项；
- 6 基准点稳定性分析资料；
- 7 变形分析方法、结论和建议；
- 8 其他需要说明的资料。

4 边坡监测

4.1 一般规定

4.1.1 基于北斗定位技术的边坡安全自动化监测应包括边坡表面水平位移、竖向位移。

4.1.2 边坡工程安全等级与边坡的变形监测等级对应关系如表 4.1.2 所示。

表 4.1.2 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

4.1.3 边坡工程安全等级的确定应符合 GB 50330 的有关规定。

4.1.4 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。

4.2 技术要求

4.2.1 除应满足 3.3.1 的相关要求外，边坡监测点的布设需要遵守下列规定：

- 1 测点应布设在支护结构顶部、预估支护结构或坡顶变形最大处；
- 2 水平位移及竖向位移观测宜共用一个测点；
- 3 应结合边坡分布范围、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；
- 4 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；
- 5 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；
- 6 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，在变形剧烈位置应及时补充测点；
- 7 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，布设范围应延伸至变形影响范围外不小于 30m；
- 8 断面线宜布设在边坡中部及两侧边缘，并不应少于 3 条；
- 9 监测点的间距宜为 10m~30m，且最大水平间距不应大于 100m，最大垂直间距不应大于 50m。

4.2.2 监测站的安装应遵守附录 A 的有关规定。

4.2.3 边坡监测数据分析需要遵守以下规定：

- 1 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。使用数学模型法作定量分析时，应同时用其他方法进行定性分析，加以验证。
- 2 监测数据分析，应提供下列分析图表：
 - 1) 表面水平位移、竖向位移等位置分布图；
 - 2) 监测数据成果表；
 - 3) 表面水平位移、竖向位移等变化曲线。
- 3 根据监测数据分析边坡安全性状时，应按照水平位移、竖向位移累计值和变化速率等，并结合其他资料进行综合评价。

4.2.4 边坡监测预警需要符合以下规定：

- 1 边坡监测预警应符合 3.7.6 的有关规定；
 - 2 边坡监测预警阈值需要根据边坡的设计文件、监测规范、具体情况等综合考量确定。
- 4.2.5** 基于北斗定位技术的边坡安全自动化监测应符合第三章的要求。

5 桥梁监测

5.1 一般规定

5.1.1 桥梁结构变形监测应分为施工期间监测和运营期间监测。

5.1.2 基于北斗定位技术的桥梁安全自动化监测应包括水平位移、竖向位移。

5.1.3 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。

5.2 技术要求

5.2.1 桥梁监测点布设

除应满足 3.3.1 的相关要求外，桥梁监测点的选点要求如下：

1 桥墩（台）变形监测项目包括竖向位移、墩顶偏位，并符合下列规定：

- 1) 桥墩竖向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；
- 2) 墩顶偏位监测点宜布设在代表性桥墩顶部的易观测处。

2 主梁变形监测项目包括主梁的挠度、偏位，并符合下列规定：

- 1) 梁体的变形监测位置宜布置在主跨 1/2 跨、1/4 跨、3/4 跨和边跨跨中；
- 2) 每个梁体截面的变形监测点数，根据截面大小宜布设 2~5 个点；
- 3) 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 2~5 个点；
- 4) 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 2~5 个点；
- 5) 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 2~5 个点。

3 拱肋的变形监测项目包括桥拱的竖向位移、水平位移，并符合下列规定：

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

4 桥塔的变形监测项目包括桥塔的塔顶竖向位移、偏位等，并符合下列规定：

- 1) 桥塔竖向位移变形监测点宜布设在索塔底部的四角；
- 2) 桥塔偏位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。

5 重力式锚碇的竖向位移监测点应设置在重力式锚碇四个角点处。

6 主缆的偏位监测点应设置在主缆的跨中位置。

5.2.2 监测站的安装应遵守附录 A 的有关规定。

5.2.3 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：

- 1 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；
- 2 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；

- 3 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，宜包括下列全部内容；对于较小规模的项目，至少应包括本条 1~3 款的内容：
 - 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。

5.2.4 桥梁监测预警

- 1 预警指标的选定除满足 3.7.6 的要求外，还应遵守下列规定：
 - 1) 根据桥梁荷载作用、关键构件和整体结构的特点，分类选定；
 - 2) 具有相对的稳定性、广泛的适用性和较强的可操作性；
 - 3) 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。
- 2 北斗应用桥梁监测预警级别和预警阈值可按表 5.2.3-1、表 5.2.3-2、表 5.2.3-3 确定。

表 5.2.3-1 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$
注：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} 。	

表 5.2.3-2 重力式锚碇位移预警阈值

预警级别	预警阈值	
	水平向位移	竖直向位移
I	0.0001 L	0.0002 L
II	0.00005 L	0.0001 L
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：L 为悬索桥主跨跨径，单位米（m）。		

表 5.2.3-3 汽车荷载下主梁挠度预警阈值

预警级别	预警阈值
I	1.0 倍设计值或计算值
II	0.8 倍设计值或计算值

6 隧道洞口及仰坡监测

6.1 一般规定

6.1.1 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变形监测、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。

6.1.2 隧道洞口及仰坡监测分为施工期间监测和运营期间监测。

6.1.3 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 6.1.3 选择。

表 6.1.3 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

6.1.4 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。

6.2 技术要求

6.2.1 隧道监测点的布设

- 1 隧道监测点的布设应遵守 3.3.1 的有关规定。
- 2 应能真实反映围岩、支护的动态变化信息。
- 3 浅埋段隧道应进行地表水平位移和竖向位移监测。
- 4 在开挖面与量测断面的距离达到隧道开挖宽度的三倍之前，应布设地表水平位移和竖向位移监测点。
- 5 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竖向位移测点。地表水平位移和竖向位移监测断面纵向间距应符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 地表沉降量测断面纵向间距

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

6.2.2 隧道监测成果

隧道监测成果除应满足 3.8 的相关内容外，应包括以下内容，并纳入交竣工文件：

- 1 现场监控量测计划；
- 2 变更设计和改变施工方法地段的信息反馈记录。

6.2.3 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应符合第三章的要求。

7 交通基础设施地质灾害监测

7.1 一般规定

7.1.1 基于北斗定位技术的地质灾害监测主要为交通道路沿线的地质灾害监测，包含滑坡、崩塌、地面塌陷形变。

7.1.2 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。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。

7.2 技术要求

7.2.1 除应满足 3.3.1 的相关要求外，地质灾害监测点的选点和布设要求如下：

- 1 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或崩塌的变形量、变形方向的目的，以掌握其时空动态特征，判别发展趋势；
- 2 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 50m；
- 3 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。

7.2.2 监测站的安装应满足 3.4 的相关规定。

7.2.3 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：

- 1 能同时满足数据定时采集和连续采集的要求；
- 2 在汛期或极端天气情况下应加密监测；
- 3 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。

7.2.4 地质灾害监测成果除应满足 3.8 的相关内容外，还应满足：

- 1 分析地质灾害活动特征、发展趋势；
- 2 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。

7.2.5 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三章的要求。

附录 A 北斗监测桩的埋设

A.1 土质地基监测桩的埋设

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 开挖式基槽施工应遵守下列规定：

- 1 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；
- 2 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；
- 3 应埋设具有防电防雷功能的地极线；
- 4 基岩基础的，应对基岩表面进行适当整理与冲洗。

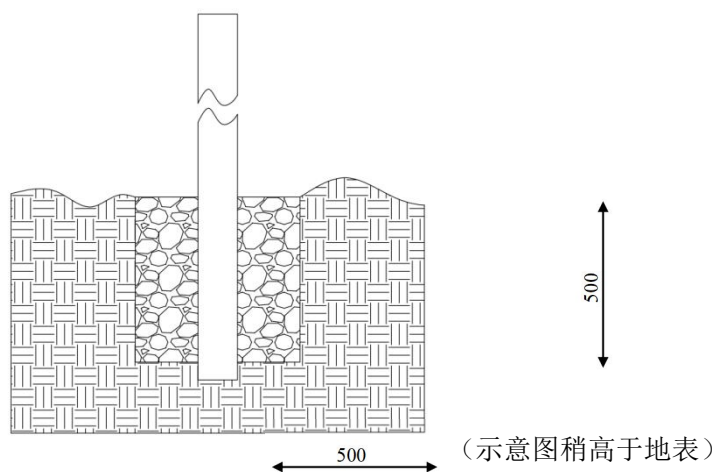


图 A.1 开挖式基槽施工图

A.1.3 地插膨胀式基槽施工应遵守下列规定：

- 1 对地基进行钻孔，钻孔直径应不小于 5cm，钻孔深度应不少于 60cm；
- 2 采用原位土或泥浆填充空隙。

A.1.4 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.1.5 保持立杆在竖直状态，倒入混凝土，振捣密实，至设计标高时整平。

A.2 岩质地基监测桩的埋设

A.2.1 适用范围：岩质地基的北斗监测桩安装位置主要以岩质地面为主，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 岩质地基监测桩的埋设应遵守下列规定：

- 1 清理安装面，清理区域的面积尺寸不小于 300mm×300mm，确保在该尺寸范围内表面平整度不超过 5mm；
- 2 混凝土安装面应清除浮砂、灰尘等杂物，钢板安装面表面不应有油污、锈迹等杂物；
- 3 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深度不小于 100mm 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；

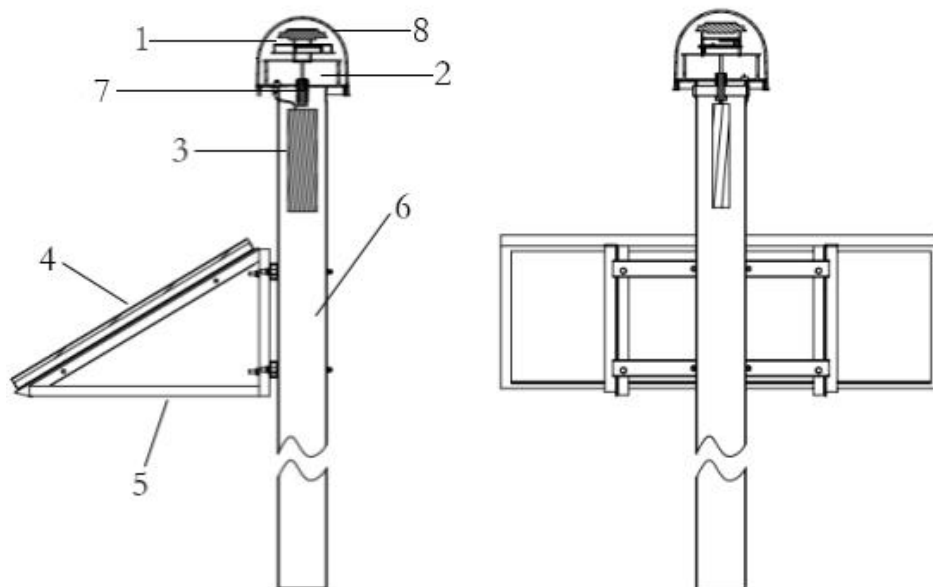
- 2) 对于钢板安装面，在基底涂刷结构胶，调整监测桩垂直度后，将监测站底座焊接于钢板，并做防锈蚀处理；
- 3) 对于临时构件或特殊结构，可采用胶黏、抱箍等固定工艺，亦可采用“L”型立柱等多形式监测桩，应能满足设计及使用要求。

附录 B 监测站的安装

B.1 太阳能供电的监测站安装

B.1.1 监测站的安装应遵守下列规定：

- 1 T 型支架组装：将螺栓穿入方钢管中，用螺母拧紧；
- 2 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；
- 3 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；
- 4 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；
- 5 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。



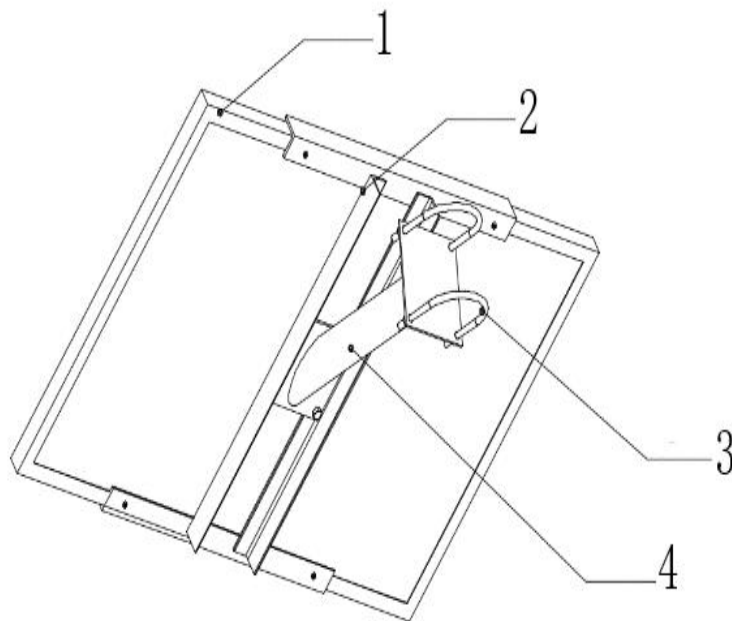
标引序号说明：

- 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 B.1 太阳能供电的监测站结构示意图

B.1.2 光伏支架安装需要遵守下列规定：

- 1 支架分为两部分，分别是横支架和斜支架，横支架宜采用镀锌钢板和空心圆管焊接制成，起主体支撑作用，紧固在柱体上；斜支架宜采用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；
- 2 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；
- 3 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：

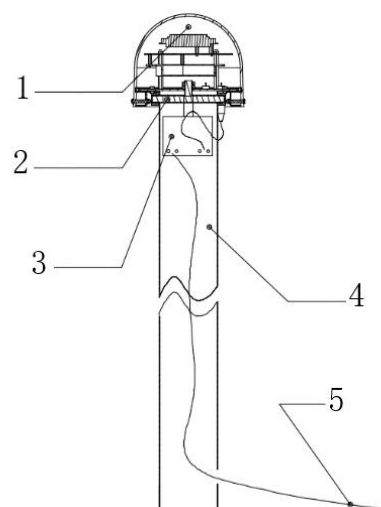
- 1——光伏板；
 2——斜支架；
 3——U 型螺栓（抱箍）；
 4——横支架。

图 B. 2 光伏支架结构图

B. 2 市电供电的监测站的安装方法

市电供电的监测站的安装应遵守下列规定：

- 1 T 型支架组装：将螺栓穿入方钢管中，用螺母拧紧；
- 2 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；
- 3 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；
- 4 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；
- 5 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，插入一体式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——体化接收机;
- 2——T 型支架;
- 3——变压器;
- 4——立杆;
- 5——市电供电线路。

图 B. 3 市电供电的监测站结构示意图

深圳市 XXX 地方标准

交通基础设施北斗应用监测技术标准

XXX - XXXX

条文说明

1 总 则

交通基础设施是指为居民出行和社会产品运输提供交通服务的固定工程设施，包括公路、铁路、桥梁、隧道、机场、港口、航道以及城市轨道、城市道路及配套设施等。交通基础设施涵盖范围较广，本规范明确了交通基础设施的边坡、桥梁、隧道等城市重大结构物的变形监测，并不代表交通基础设施仅仅涵盖边坡、桥梁、隧道等结构物，未在本规范中明确说明的机场、港口、航道等结构物北斗监测应遵循相关行业规范规程开展工作。

2 术语和缩略语

本术语中主要列入了与交通基础设施北斗监测技术相关的术语。部分术语参考了相关国家标准及其他相关资料，大部分术语基于现有研究总结，经过编制组讨论、分析、归纳和整理，编入本规范中。

3 基本规定

3.1 一般规定

关于监测预警阈值，目前我国尚无通用的阈值标准，需要根据不同区域地质情况、不同结构类型、不同的环境条件来综合确定，并需要动态调整，我国真正实测到结构失稳状态下的位移量及位移速率案例非常少。目前我国仅有《公路滑坡防治设计规范》、《建筑边坡工程技术规范》等少部分标准有说明预警阈值标准，但仅供参考酌情使用。

3.2 北斗监测系统组成

北斗监测系统是基于北斗卫星导航系统的研发、建设而发展起来的，是将北斗卫星导航定位技术应用于安全监测领域形成的技术体系。北斗监测系统总体组成包括北斗卫星、监测型北斗接收机、供电系统、北斗数据传输系统、防雷系统、北斗解算软件、北斗数据展示系统等。

3.3 选点

该条款中说明的监测站观测条件为理想状态，实际监测工作中应因地制宜，既要保证监测效果的有效性，同时监测站布置应尽量考虑本条款中的现实条件。

3.4 监测站和基准站

3.4.1 监测站与基准站的关系：利用北斗卫星测量基准站和监测点（1 个或多个）之间的相对定位，通过相对定位得到各监测点不同时期的位置信息，然后采用数据软件（核心算法）对位置信息进行解算，剔除各种环境影响误差因子，并与首期结果进行对比得到各监测点在不同时期的精确度达到毫米级的位移信息，最终将各监测点的位移信息（曲线、数据等形式）展示在系统监测云平台。

3.4.2 随着技术的升级迭代，监测型接收机目前多为一体式设计，即在原有功能的基础上将北斗天线、传输模块、锂电池集成在接收机内部，降低成本的基础上现场安装具有一定的便捷性，因此得到大面积推广应用。

3.4.3 监测桩的长度及壁厚应根据具体应用场景确定，本文中给出了几种常用的立杆长度，不作为最终现场实施的依据。

3.4.4 太阳能供电系统中太阳能板与蓄电池容量配置需要因地制宜，总的原则要保证最大的供电利用效率，前提是监测系统不断电。

3.5 变形监测

变形监测采用北斗卫星差分定位技术，每颗卫星跟地面上接收机终端的距离可以准确知道，因此地球上任意一点接收机精确三维位置理论上需要 3 颗卫星。由于目前接收机使用的是石英钟（秒级误差），卫星使用的是原子钟（纳秒级误差），两者的时间误差较大。因此，就必须计算并消除两者的时间误差才能实现精准定位，这时就需要引入第 4 颗卫星才能进行精确解算。此外，收到越多卫星信号解算的速度和精度也会越好如果再通过解算卫星不同频段的信号还能做到更好的抗干扰性能。

3.6 数据采集与传输

3.6.1 DTU 一般支持 RS232/RS485 接口，可双向透明传输数据，它通常用于将采集到的数据通过无线或有线网络传输到远程服务器或云端。DTU 可以将数据转换成标准的通信协议，如 Modbus、DNP3 等，并

利用 GPRS、3G、4G 或以太网等网络进行传输。

3.6.2 RTU 是一种用于实时数据采集和控制的设备。RTU 主要负责采集现场设备的数据，并将这些数据传输到中央控制室或监测系统。它能够对采集的数据进行处理并执行控制操作，如调整设备参数或发送报警信息。

3.6.3 针对山区地形环境复杂存在信号死区和不稳定的情况，通过 LoRa 自组网，实现设备间数据采集、传输。

3.7 监测平台

3.7.1 监测云平台是北斗监测工作的载体，是监测成果的具象化，可直观查看监测数据曲线，在北斗监测工作中的重要性不言而喻。

3.7.2 北斗监测数据的展示方式有多种，累计位移时程变化曲线、监测数据表格展示、北斗数据速率变化展示、位移方位角展示等，这些能够帮助技术人员综合分析监测结构的变化。

3.7.3 当前数据分析与预警是北斗监测工作的核心，数据分析方法较多，要根据监测结构的本构性态来确定选用的监测数据分析方法。监测结构稳定性预测是未来北斗监测工作的发展方向，目前处于探索阶段，随着技术的发展与升级迭代，相信在不久的将来可以实现结构物稳定性预判。

3.7.4 监测预警的划分可参考下表 3.7.4：

表 3.7.4 预警等级划分与色标表

预警等级	监测比值（G）	前兆特征	发生可能性	风险程度	色标
一	$G \geq 1.0$	显著	很大	极高	红色
二	$0.8 \leq G < 1.0$	明显	大	高	橙色
三	$0.7 \leq G < 0.8$	较明显	较大	较高	黄色
四	$0.6 \leq G < 0.7$	轻微	较小	一般	蓝色
注 1：监测比值（G）指的是实测数据与预设阈值之比。 注 2：发生的可能性很大是指在短时间内出现事故风险的概率很大；发生的可能性大是指在较短的时间内出现事故风险的概率大；发生的可能性较大是指在较短的时间内出现事故风险的概率较大；发生的可能性小是指监测数据有一定变化但变化速率较小； 注 3：风险程度参考所处地区风险等级划分结论确定； 注 4：当监测比值、前兆特征、发生可能性、风险程度的划分的预警等级不一致时，应采取就高原则确定预警等级。					

4 边坡监测

4.1 一般规定

北斗定位技术除应用于表面位移监测外，在边坡上还可应用于支挡结构的变形监测，本文中所述边坡地表，包含边坡平台、边坡坡面及边坡支挡结构面。

4.2 技术要求

4.2.1 不良地质作用根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 确定。

4.2.2 对于有危石等易出现落石、崩塌破坏的岩质边坡，北斗监测实际应用效果并不理想，可考虑加密北斗监测频次，并辅以振动、倾角等监测参数进行综合监测。

5 桥梁监测

5.1 一般规定

由于北斗定位监测的精度问题，北斗监测适用于大跨径的悬索桥、斜拉桥、拱桥、梁桥等。中小跨径的桥梁不适用。

6 隧道洞口及仰坡监测

6.1 一般规定

隧道洞口及仰坡监测内容应充分考虑地域气候、地质条件、技术标准、隧道结构类型和技术状况等因素综合确定。

6.2 技术要求

地面公用网络信号覆盖不佳地区，宜采用地面公用网络与卫星通信相结合的双模通信方式，支持无线网络环境下前端解算、触发现场报警；

7 交通基础设施地质灾害监测

7.1 一般规定

交通基础设施沿线地质灾害范围较广，包括崩塌、滑坡、泥石流、地面沉陷、地裂缝、雪崩等，北斗监测适用于部分应用场景，其他类似雪崩监测等有专业的技术手段，并不是说北斗监测适用于所有地质灾害监测。

7.1.1 地质灾害包括山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷和地面沉降等。这些灾害不仅会造成人员伤亡和财产损失，还会对环境和基础设施造成破坏。因此，了解其形成条件和诱发因素，采取有效的防治措施，对于保障人民生命财产安全和促进可持续发展具有重要意义。

7.1.2 监测数据变化较大或速率加快表明基坑或周边环境正在发生不稳定的变化，提高监测频率可以更及时地发现异常，采取相应的措施避免事故发生。

7.1.3 地质灾害监测成果的整理和分析是确保防治工作有效性的重要环节。根据地质灾害防治条例，地质灾害防治工作应当坚持预防为主、避让与治理相结合和全面规划、突出重点的原则。这要求在监测过程中，不仅要收集数据，还要对这些数据进行深入分析，以揭示地质灾害的活动特征和可能的发展趋势。通过科学分析，可以更准确地评估地质灾害的风险，为决策提供依据。