

深圳市工程建设地方标准

SJG

SJG 225 – 2026

交通基础设施北斗应用监测技术标准

2026-05-19 发布

2026-08-01 实施

深圳市住房和建设局
深圳市交通运输局

联合发布

深圳市工程建设地方标准

交通基础设施北斗应用监测技术标准

SJG 225 - 2026

2026 深 圳

前 言

根据深圳市住房和建设局于 2022 年 11 月 25 日发布的《2022 年度深圳市工程建设地方标准制修订计划（第二批）》的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，结合深圳市的实际，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 监测系统；5. 监测项目；6. 监测实施；7. 监测成果。

本标准由深圳市住房和建设局、深圳市交通运输局联合批准发布，由深圳市交通运输局业务归口并组织深圳市特区建工检测中心有限公司、深圳市天健工程技术有限公司等编制单位负责技术内容的解释。本标准实施过程中如有意见或建议，请寄送深圳市特区建工检测中心有限公司（地址：深圳市龙华区华昌路 98 号华富工业园 1 栋，邮编:518109）。

本标准主编单位：深圳市特区建工检测中心有限公司
深圳市天健工程技术有限公司

本标准参编单位：深圳市城市公共安全技术研究院有限公司
深圳市规划和自然资源调查测绘中心
深圳市综合交通与市政工程设计研究总院有限公司
深圳市工勘岩土集团有限公司
深圳市路桥建设集团有限公司
深圳市水务规划设计院股份有限公司
深圳市勘察测绘院（集团）有限公司
深圳市地质环境研究院有限公司

本标准主要起草人员：林明博 耿培 林磊 金典琦 马君伟
邱蕾 谭英嘉 翁开翔 刘士虎 王志豪
张宪彬 张希 罗玲 赵晓明 郭剑琴
张伟帆 陈志芳 张会 利敏怡 裴洪军
张加粮 叶智威 李红波 许镇鹏 张雨晨
杜佳翰

本标准主要审查人员：王媛 肖兵 周世浩 王伟玺 宋军
周传敏 李娜

本标准发布时同步报送广东省住房和城乡建设厅和深圳市市场监督管理局，并按地方标准管理有关规定实施备案管理。本标准可从深圳市住房和建设局门户网站获取电子版。

目 次

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	3
4	监测系统	4
4.1	北斗监测系统组成	4
4.2	基准站和监测站	4
4.3	监测平台	9
5	监测项目	10
5.1	边坡监测	10
5.2	桥梁监测	11
5.3	隧道监测	12
6	监测实施	14
6.1	工作流程	14
6.2	变形监测	14
6.3	数据采集与传输	15
6.4	数据存储与处理分析	16
6.5	监测预警	17
7	监测成果	19
7.1	一般规定	19
7.2	技术要求	19
附录 A	监测桩的埋设及安装	20
附录 B	监测站的安装	23
	本标准用词说明	26
	引用标准目录	27
附：	条文说明	28

1 总 则

1.0.1 为规范深圳市交通基础设施北斗变形监测技术应用，做到技术先进、经济合理、成果可靠，保障交通基础设施及周边环境安全，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于深圳市交通基础设施道路边坡、桥梁、隧道的北斗变形监测。

1.0.3 北斗变形监测应综合考虑工程设计方案、建设场地的工程地质条件、水文地质条件、周边环境等因素，制订合理的监测方案。

1.0.4 交通基础设施北斗变形监测除应符合本标准外，尚应符合现行国家、行业、广东省、深圳市有关标准的规定。

2 术语和缩略语

2.1 术语

2.1.1 监测点

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

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

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 预警阈值

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。

2.1.5 监测桩

由防水外壳、刚体筒柱等组成，安装在监测站或基准站上。

2.1.6 监测接收机 r

具有码相位测量、载波相位测量和导航电文解调等功能的高精度卫星导航接收设备。

2.2 缩略语

BDS ——北斗卫星导航系统

DOP ——精度衰减因子

DTU ——数据传输设备

GNSS ——全球卫星导航系统

LoRa ——远距离无线电

LPZ_{0A} ——受直接雷击和全部雷电电磁场威胁的区域

LPZ_{0B} ——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

LPZ₁ ——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

MP ——多路径误差

NMEA ——北斗通用定位数据报文协议格式

PDOP ——位置精度因子

RINEX ——接收机自主交换格式

RTCM ——海事无线电技术委员会

RTU ——远程终端单元

3 基本规定

- 3.0.1** 北斗监测技术内容应包括监测站和基准站、选点、变形监测、数据采集与传输、监测平台、监测成果。
- 3.0.2** 北斗监测实施应按照设计文件编制监测方案并执行，监测方案应满足设计文件中对监测范围、测点布置、监测频率和监测预警值的相关要求。
- 3.0.3** 北斗监测设备的选择应能满足现场环境条件的要求，并应根据不同的应用场景合理的进行北斗监测站的安装埋设，保证监测站的稳固。
- 3.0.4** 应对监测设施采取保护、维护措施，并进行巡查和系统维护。
- 3.0.5** 北斗监测原始数据应通过专用的解算软件进行数据解析。
- 3.0.6** 北斗监测技术方法除应符合本标准的要求之外，尚应符合现行国家标准《北斗卫星导航术语》GB/T 39267、《全球连续监测评估系统（iGMAS）质量要求 第1部分：观测数据》GB/T 39396.1、《全球连续监测评估系统（iGMAS）文件格式 第2部分：产品》GB/T 39397.2、《北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范》GB/T 39399、《北斗卫星导航系统空间信号接口规范》GB/T 39414、《北斗地基增强系统通信网络系统技术规范》GB/T 39723、《北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范第1部分：建设规范》GB/T 39772.1的有关规定。

4 监测系统

4.1 北斗监测系统组成

- 4.1.1 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。
- 4.1.2 北斗卫星系统应由空间段、地面控制段、用户段、服务区、坐标系统和时间系统组成。
- 4.1.3 地面监测系统应由基准站、监测站和监测平台组成。

4.2 基准站和监测站

4.2.1 基准站和监测站应符合下列规定：

- 1 基准站和监测站应具备采集、存储和传输北斗原始数据的功能；
- 2 基准站和监测站应包括监测桩、监测接收机、数据传输系统、状态监控系统、供电系统、防雷系统；
- 3 基准站和监测站应具有断电续航功能，在断电情况下应能持续工作 3d 以上；应具备故障自恢复机制，系统故障率不应大于 5%；应具备防雷及抗干扰功能，防雷电感宜为 1000V；
- 4 基准站应按要要求纳入深圳市北斗地基增强系统；
- 5 基准站和监测站的线路组成和数据类型应符合现行国家标准《北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范 第 1 部分：建设规范》GB/T 39772.1 的有关规定。

4.2.2 基准站按等级分为 A 级基准站、B 级基准站、C 级基准站，各级基准站应符合现行国家标准《北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范 第 1 部分：建设规范》GB/T 39772.1 的规定，基准站性能要求应符合本标准表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 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	$MP \leq 0.3m$	10
	B 级	$0.3m < MP \leq 0.5m$	10
	C 级	$0.5m < MP \leq 0.65m$	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

4.2.3 基准站数据采集应符合下列规定：

- 1 基准站能采集 BDS 的频点信号应包括 B1I、B1C、B2I、B2a、B2b、B3I 等；采样间隔和发送间隔应符合现行国家标准《北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范 第 1 部分：建设规

范》GB/T 39772.1 的有关规定，基准站的数据采样间隔和发送间隔要求应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 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	≤1s	≤30s，可调
观测数据发送间隔	1s	≤30s，可调

4.2.4 监测接收机应符合下列规定：

1 接收机结构与外观应符合下列规定：

- 1) 接收机应由 GNSS 天线、接收机主机、电源适配器、电池等配件以及数据链等组成；
- 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) 外壳防护等级不应低于 IP65，表面应无明显的裂缝和变形；
- 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现行国家标准《北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范》GB/T 39399 的有关规定。

3 应具备输出 RINEX 格式的原始数据和 NMEA 格式的结果数据的能力，数据格式应符合现行国家标准《北斗卫星导航系统空间信号接口规范》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下列规定：

- 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；
- 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下列规定：

- 1) 监测接收机等仪器应由专人保管，运输时应采取防震措施，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，应立即擦净监测接收机上的水汽和尘埃，在擦拭干净后应存放在仪器箱内。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，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，外接电池应按及时充放电；
- 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。

4.2.5 监测桩应符合下列规定：

- 1 监测桩结构应由防水外壳、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 监测桩表面应进行防腐处理；

5 监测桩应具有良好的防护效果，应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；

6 立杆宜选用直径 120mm 以上的型材钢管，壁厚不应小于 2mm；

7 立杆上不宜存有较大开孔，单个开孔面积应小于 0.005m²；开孔个数宜小于 10 个，开孔总面积应小于 0.01m²；

8 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) 监测桩的埋设及安装应符合本标准附录 A 的有关规定。

6) 监测站的安装应符合本标准附录 B 的有关规定。

4.2.6 供电系统应符合下列规定：

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规定：

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，其外观材质应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应符合下列规定：

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) 连接件设备应在连接完成后具备有效的方法保持其位置，安全要求应符合现行国家标准《电击防护 装置和设备的通用部分》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。

4.2.7 防雷系统应符合下列规定：

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，并应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, 专引接地线应为截面积大于或等于 25mm^2 绝缘铜芯导线。
- 3 等电位连接与共用接地系统设计应符合下列规定:
- 1) 等电位连接的结构形式应采用 S 型、M 型或它们的组合, 可见图 4.2.7;
 - 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;

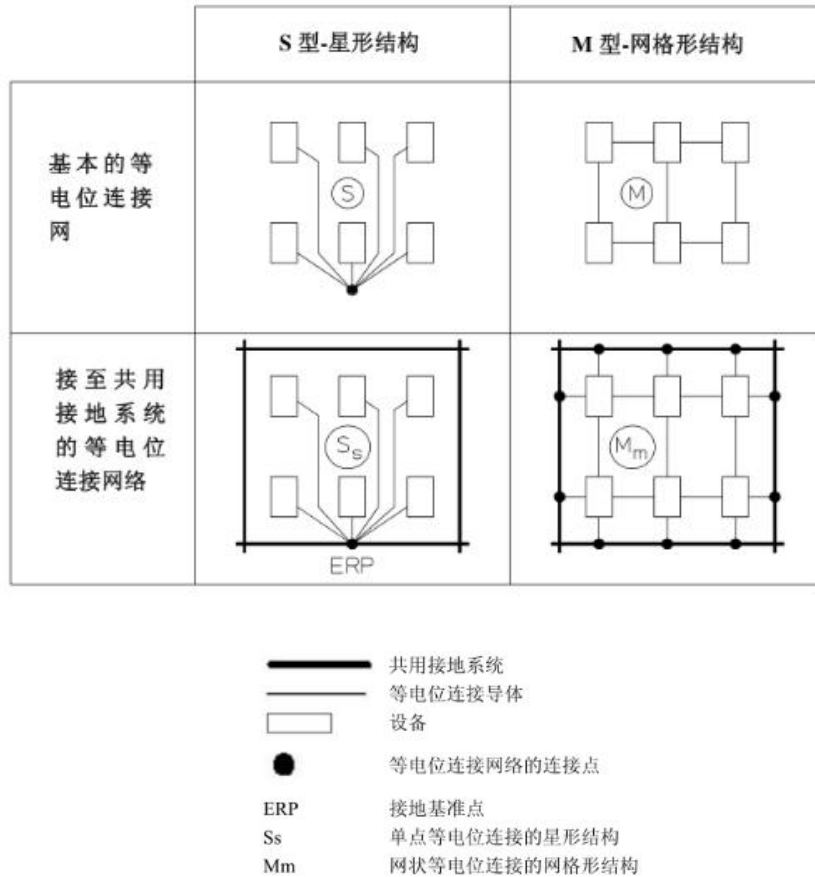


图 4.2.7 北斗防雷系统等电位连接网络的基本方法

- 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, 应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) 接地装置宜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符合下列规定:
- 1) 接收机天线应置于 LPZ0_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 LPZ0_A 或 LPZ0_B 与 LPZ₁ 边界处的等电位接地端子上, 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。

4.2.8 基准站选点应符合下列规定:

- 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, 应避开地质构成不稳定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, 同时应具有良好的保障环境;
- 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 应有 10° 以上地平高度角的卫星通视条件; 困难环境条件下, 高度角可放宽至 25°, 遮挡物水平投影范围应低于 60° ;
- 6 选点应考虑与规划和未来发展相协调。

4.2.9 监测站选点应符合下列规定:

- 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;
- 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应大于 200m;
- 4 远离电视台、电台、微波站等大功率无线电发射源, 距离不宜小于 200m, 避开高压线和微波无线电信号传输通道的距离不宜小于 50m;
- 5 应避开采矿区、轨道交通、公路等容易产生振动的地带。

4.2.10 基准站的检查和维护应符合下列规定:

- 1 每季度应对基准站周边环境进行巡视, 应检查是否有新的建筑、高大树木、广告牌、反射物等可能引起多路径效应或遮挡视场的物体出现;
- 2 每季度应检查接收机、天线、馈线、电源线等是否有物理损伤、老化、松动或腐蚀。应检查天线基座、抑径盘是否完好、清洁;
- 3 每季度应对天线相位中心稳定性进行验证, 可采用以下方法:
 - 1) 通过更换同型号天线进行前后数据质量对比;
 - 2) 使用已知天线相位中心偏差模型进行评估;
 - 3) 进行短基线自检分析基线解算结果的一致性。
- 4 每月应检查接收机的运行日志, 应查看是否有异常告警、重启记录、卫星失锁、周跳频繁等情况;
- 5 每季度应对天线高进行量测复核, 应由不同人员使用高精度卷尺或激光测距仪等方式重复量测天线高, 检查一致性;
- 6 每季度应对数据有效性与完整性进行检查, 应检查数据文件是否按约定格式、大小、时间戳生成, 有无缺失或损坏。

4.2.11 监测站的检查和维护应符合下列规定:

- 1 应对监测站进行巡检, 极端天气情况下每月巡检次数不应少于一次, 非极端天气每两月巡检次数不应少于一次, 应检查有无破坏情况、设备运行状态情况;
- 2 每季度应检查监测设备仪器机箱内部状态, 应对有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;

3 每季度应检查太阳能充电板，应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处理，确保太阳能板的正常运行；

4 每月应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，应进行更换。

4.3 监测平台

4.3.1 监测平台应符合下列规定：

- 1 监测平台应具备北斗原始数据解算、误差处理、建模、展示和预警等功能；
- 2 监测平台应包括数据中心、数据通信系统，并应符合下列规定：
 - 1) 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；
 - 2) 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；
 - 3) 监测平台组成及主要功能应符合表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 监测平台组成及主要功能

监测平台组成	软件、硬件构成	主要功能
数据中心	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
	展示平台	具备对接服务器解算数据，将数据进行展示的功能
	后台调试设备	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
数据通信系统	数据采集设备	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
	调试接口	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

5 监测项目

5.1 边坡监测

5.1.1 边坡北斗监测应包括边坡表面水平位移、竖向位移。

5.1.2 边坡应用北斗监测系统开展变形监测应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 以及《广东省公路边坡监测技术指南》GDJT 001-09-2025 的有关规定。

5.1.3 除应满足本标准第 4.2.9 条的相关要求外，边坡监测点的布设应符合下列规定：

- 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，测点应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 断面线应布设在边坡中部及两侧边缘，且不应少于 3 条；
- 9 监测点的间距应根据需要合理布设，宜为 30m~50m，土质边坡的监测点数宜高于岩质边坡。

5.1.4 边坡监测精度应符合《广东省公路边坡监测技术指南》GDJT 001-09-2025 中第 6.2.2 条的有关规定。

5.1.5 边坡监测频率应符合下列规定：

- 1 边坡监测频率可分为监测数据采集频率与上传频率，应综合考虑边坡类型、边坡状态及发展趋势、外部环境变化等确定，采样频率不宜低于 1 次/30min，上传频率不宜低于 1 次/24h；
- 2 当出现下列情况之一时，应提高监测频率：
 - 1) 监测数据变化速率或累计值达到报警值；
 - 2) 支挡结构物或邻近建（构）筑物出现突发沉降或开裂；
 - 3) 暴雨或长时间连续降雨；
 - 4) 工程险情或事故后重新组织施工；
 - 5) 出现其他影响边坡及周边环境安全的异常情况。

5.1.6 边坡监测数据分析应符合下列规定：

- 1 监测数据分析可采用比较法、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 分析边坡安全性状时，应根据水平位移、竖向位移累计值和变化速率数据，并结合其他

资料进行综合评价。

5.2 桥梁监测

5.2.1 桥梁符合下列条件之一时，可进行北斗监测：

- 1 主跨跨径大于或等于 160m 梁桥、200m 拱桥、500m 悬索桥、300m 斜拉桥；
- 2 技术状况等级为 3 类、4 类且需要跟踪观测的在役桥梁；
- 3 经过评定需要进行结构监测的桥梁。

5.2.2 桥梁北斗监测内容可按照表 5.2.2 选择。

表 5.2.2 桥梁北斗监测内容

桥型	监测类别	监测内容
梁桥	结构响应	高墩墩顶偏位
拱桥	结构响应	主梁横向位移
悬索桥	结构响应	主梁横向位移
		塔顶偏位
		主缆偏位
斜拉桥	结构响应	主梁横向位移
		塔顶偏位

5.2.3 应用北斗监测系统开展桥梁变形监测应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 以及《广东省公路桥梁结构监测技术指南》GDJT 002-09-2025 的有关规定。

5.2.4 梁桥高墩墩顶偏位监测点宜布设在代表性桥墩顶部的易观测处。

5.2.5 拱桥主梁横向位移监测测点应布设在主跨跨中。

5.2.6 悬索桥变形监测应符合下列规定：

- 1 主梁横向位移监测测点应布设在主跨跨中；
- 2 塔顶偏位监测测点应布设在主塔顶部；
- 3 跨度小于 1500m 悬索桥宜在跨中布设主缆偏位监测测点，跨度大于或等于 1500m 悬索桥宜在跨中、1/4、3/4 主跨布设主缆偏位监测测点，对主梁、主缆线形出现异常的，可有针对性地增设测点。

5.2.7 斜拉桥变形监测应符合下列规定：

- 1 主梁横向位移监测测点应布设在主跨跨中；
- 2 塔顶偏位监测测点应布设于索塔顶部。

5.2.8 桥梁监测精度应符合《广东省公路桥梁结构监测技术指南》GDJT 002-09-2025 中第 5.4.14 条的有关规定。

5.2.9 桥梁北斗监测采样频率应根据监测应用分析要求和功能要求自行设定，且动位移采样频率不宜低于 20Hz，静位移采样频率不宜低于 1Hz。

5.2.10 桥梁监测的各项原始记录数据，应整理、检查，应剔除无效观测值。

5.2.11 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。

5.2.12 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。

5.3 隧道监测

5.3.1 隧道北斗监测应包括隧道洞口仰坡地表位移监测、隧道洞门结构水平位移监测。

5.3.2 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，隧道监测的内容宜包括隧道洞口仰坡地表位移监测和隧道洞门结构水平位移监测。

5.3.3 应用北斗监测系统开展隧道变形监测应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 以及《广东省公路隧道结构监测技术指南》GDJT 003-09-2025 的有关规定。

5.3.4 隧道监测点的布设应符合下列规定：

- 1 应符合本标准第 4.3.2 条的有关规定。
- 2 应能真实反映围岩、支护结构的动态变化。

3 隧道洞口仰坡地表位移监测断面不宜少于 3 个，每处仰坡不宜少于 4 个监测点，仰坡中心监测点应布设在隧道轴线正上方地表位置，监测点间距应由中心监测点至距离中心监测点最远由密至疏布置，间距应为 8m~15m。

4 隧道洞门结构位移监测宜在洞门立面不同高程处布设监测断面，监测断面不宜少于 2 个，每个监测断面布设不宜少于 2 个监测点。

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宜符合表 5.3.4 的规定。

表 5.3.4 地表水平位移和竖向位移监测断面纵向间距

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：h表示隧道埋深，b表示隧道宽度。

5.3.5 隧道北斗监测精度可符合《广东省公路隧道结构监测技术指南》GDJT 003-09-2025 中第 6.2.5 条的有关规定。

5.3.6 隧道北斗监测频率不应低于 1 次/d，并宜根据隧道结构状态、病害发展及变化速率、周边工程活动、工程环境条件和管理单位需求等因素动态调整。

5.3.7 隧道监测数据分析应符合下列规定：

1 数据分析应剔除错误数据，数据分析可采用特征值统计分析、相关性分析比较法、趋势性分析、机器学习等方法；

2 监测数据应分析监测数据日变化量和累计变化量时程曲线、各测点监测数据平面分布图等；

3 监测数据分析结果应与隧道病害监测数据进行关联分析；

4 数据分析报告应在数据预处理的基础上，剔除错误数据后形成，应能够准确地反映监测对

象的真实状态，包括但不限于异常信息统计和异常事件记录，并应符合下列要求：

- 1) 异常信息统计应包括异常场景、异常设备、报警次数、异常极值及报警阈值；异常事件记录应包括异常事件、起止日期、事件描述及处置措施；
- 2) 季报和年报应包括但不限于异常信息统计及异常事件记录；
- 3) 其它报告频次可根据管养单位需求确定。

6 监测实施

6.1 工作流程

6.1.1 北斗监测实施主要工作流程可分为北斗监测方案编制、设备安装与运行维护、预警平台建设、分级预警与响应。

6.1.2 监测实施工作流程宜按图 6.1.2 开展各项工作：

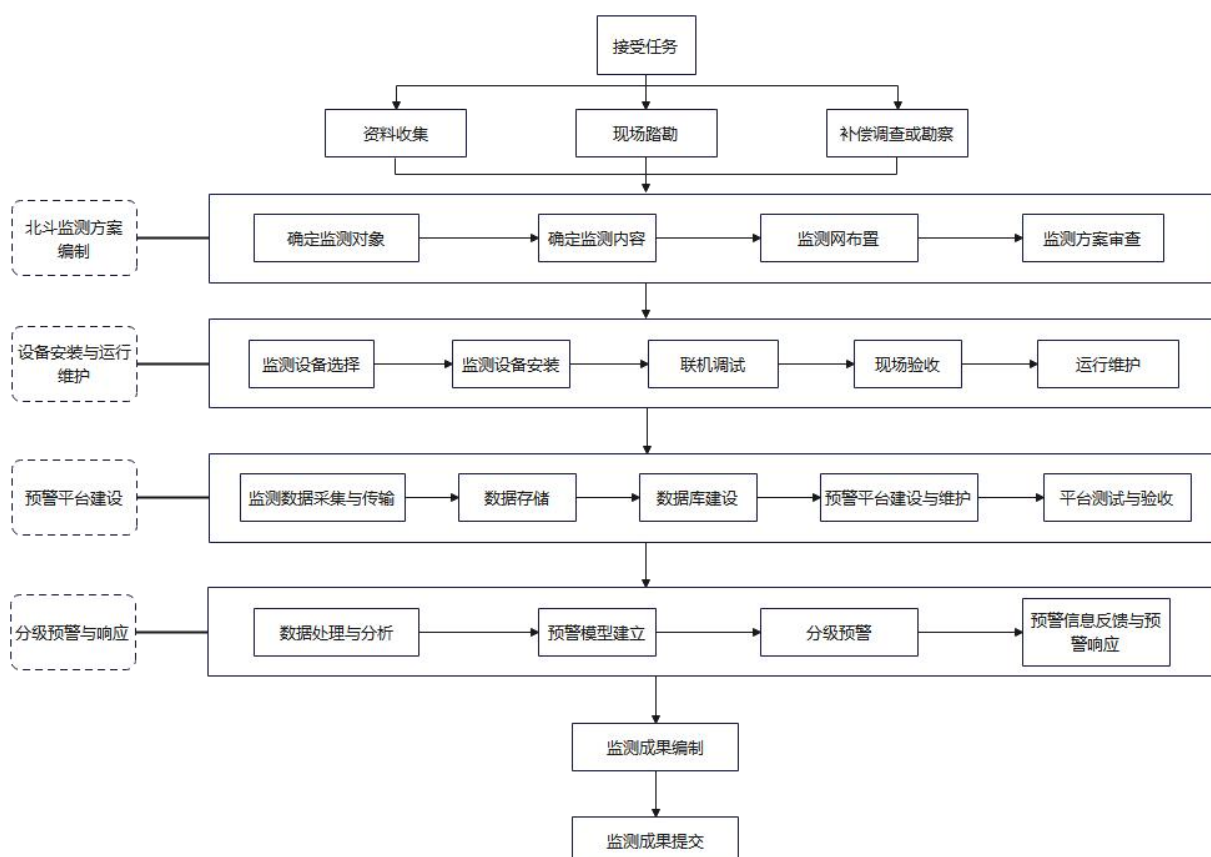


图 6.1.2 监测实施工作流程图

6.2 变形监测

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

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

6.2.3 接收机搜到的北斗卫星数量应大于 4 颗。

6.2.4 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。

6.2.5 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，应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。

6.2.6 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。

6.2.7 设备运行期间应防止人为扰动，未经报备不应随意移动接收机天线和站点，在接收机正式启动后应避免人为引起的设备震动、误触接收机天线等造成的信号干扰。

6.2.8 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。

6.2.9 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。

6.2.10 宜选用多频、标称静态的水平精度小于或等于 $5\text{mm}+10^{-6}\times D(\text{RMS})$ ，垂直定位精度小于或等于 $10\text{mm}+10^{-6}\times D(\text{RMS})$ 的卫星定位设备，其中：D 为基线长，单位为毫米。卫星定位设备应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，并应符合下列规定：

1 新购置的接收设备应进行全面检验后方可使用，检验内容应包括一般检查、常规检查、通电检验和实测检验；

2 观测时段长度应大于或等于 30min，数据采样间隔应为 10s~30s，PDOP 应小于或等于 5。

6.2.11 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。

6.3 数据采集与传输

6.3.1 监测接收机的数据采集应符合下列规定：

- 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，应以 RTCM3.X 格式存储和传输；
- 3 观测数据采样间隔宜按照监测项目需求制定；
- 4 星历数据采样间隔应符合广播星历更新间隔的规格。

6.3.2 监测接收机的数据传输方法应符合下列规定：

- 1 数据传输应有蜂窝移动通信、Wi-Fi 通信和串口通信方式；
- 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对卫星信号接收产生干扰；
- 4 观测数据传输间隔不应高于 1h，卫星星历数据传输时应避免同时更新所有星历；
- 5 接收机采集的北斗原始数据应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应一并采集，采集的数据和信息应进行分包，应注明传感器 ID 和采集时间等标签，并应以包的形式进行传输。

6.3.3 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。

6.4 数据存储与处理分析

6.4.1 数据存储应符合下列规定：

1 监测平台数据存储可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) 北斗原始数据存储格式应按照原始二进制数据或 RINEX、BINEX 格式等进行存储，数据交换应采用 RINEX 或 BINEX 格式。北斗原始数据存储文件格式应为 RTCM3.X 及以上版本；
- 2) 解算数据存储应包括解算参数存储、北斗基线向量存储和基线向量改正量存储，解算数据存储定义及存储要求应符合本标准表 6.4.1 的规定：

表 6.4.1 解算数据存储定义及存储要求

数据类型	定义	存储要求
解算参数	解算参数为监测平台运算所需的参数	存储在监测平台，由监测平台配置给每个项目
基线向量	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	存储按照时间及监测站点身份标识号 ID 区分
基线向量改正量	基线向量改正量是通过首次稳定解算的基线向量进行差分的参数	

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。每个解算日志应为独立文件，应按照日期分别存储。

2 原始观测记录、存储应完整、准确，原始数据应备份。

6.4.2 数据处理应符合下列规定：

1 数据解算选取的时间系统[北斗时 (BDT)]、坐标系统 (CGCS2000) 应与解算结果 (经纬度、绝对坐标、基线向量) 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，应判断是否存在周跳；

4 数据解算应符合下列规定：

- 1) 应利用观测信息进行监测站和基准站位置坐标的初步估计，获得大致坐标；
- 2) 应在获取坐标后进行运算，消除大气误差和钟差；
- 3) 应利用观测信息固定模糊度，获得高精度的基线向量；
- 4) 应对上述步骤进行迭代，获得高精度坐标结果；
- 5) 必要时，应进行北斗数据解算并分析北斗原始数据的 DOP 值、信噪比状态和卫星仰角信息。

5 北斗基线解算应符合下列规定：

- 1) 原始数据应进行误差分析并建立误差模型；
- 2) 应用适当模型进行对流层延迟修正；
- 3) 在观测数据解算过程中，应结合导航文件中的星历信息，对接收到的信号进行电离层模型的延迟修正；
- 4) 应用 ENU 本地坐标系展示基线向量坐标；
- 5) 应用参数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应符合下列规定：

- 1) 平差后处理选用的历史数据长度应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，后期按照项目性质宜选取 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，可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。

6.4.3 数据分析应符合下列规定：

- 1 应根据监测项目类型、数据间隔和波动程度等区别选取预测模型参数；
- 2 建立预测模型时，应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；
- 3 在给出预测数据前，应对预测数据所使用的模型进行检验。应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；
- 4 在得到预测数据后，应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，应重点考虑观测后续实际数据；
- 5 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 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。

6.4.4 数据展示应符合下列规定：

- 1 监测平台应能实时展示各项目的北斗数据，应包括历史数据、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。

6.5 监测预警

6.5.1 北斗监测预警应具备以下特点：

- 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。

6.5.2 北斗监测平台应具备以下预警功能：

- 1 北斗监测平台应具有预警阈值设置功能；
- 2 应具有预警流程处理功能，预警产生后系统应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，应包括始末时间、警示事项、预警级别、预警频率、预警方式等。

6.5.3 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，最严重的预警阈值应设置最大；
- 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，宜以定量的方式给出；
- 6 边坡监测预警阈值应根据边坡的设计文件、监测规范、具体情况等综合考量确定，并应符合《广东省公路边坡监测技术指南》GDJT 001-09-2025 第 10.3.2 条的有关规定；
- 7 桥梁监测预警阈值应根据桥梁荷载作用、关键构件和整体结构的特点分类选定；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，并应符合《广东省公路桥梁结构监测技术指南》GDJT 002-09-2025 第 10.3.4 条的有关规定；
- 8 隧道监测预警阈值应根据隧道的设计文件及现场具体情况等综合考量确定，并应符合《广东省公路隧道结构监测技术指南》GDJT 003-09-2025 第 10.3.3 条的有关规定。

7 监测成果

7.1 一般规定

7.1.1 北斗监测项目应根据实际工程需要和委托方的要求，提交北斗监测成果。

7.1.2 监测成果应包括方案、阶段性监测报告、监测技术总结报告。

7.2 技术要求

7.2.1 北斗监测方案，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。

7.2.2 阶段性监测报告，应包括下列主要内容：

- 1 每期观测成果；
- 2 与上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 监测图表及说明；
- 5 监测过程中应说明的事项。

7.2.3 监测技术总结报告，应包括下列主要内容：

- 1 项目概况；
- 2 编制依据；
- 3 监测目的；
- 4 监测内容及基本技术要求；
- 5 作业过程及技术方法；
- 6 观测成果汇总；
- 7 监测图表及说明；
- 8 监测过程中应说明的事项；
- 9 基准点稳定性分析资料；
- 10 变形分析方法、结论和建议；
- 11 解算报告；
- 12 其他应说明的资料：隧道监测成果还应包括变更设计、改变施工方法地段的信息反馈记录，并应纳入交竣工文件。

附录 A 监测桩的埋设及安装

A.1 土质地基监测桩的埋设

A.1.1 土质地基的北斗监测桩安装位置可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。开挖时基槽施工尺寸可按本标准图 A.1.1 规定确定。

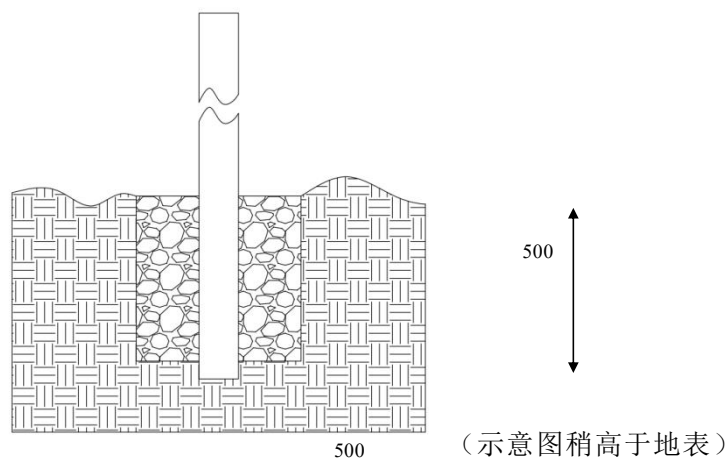


图 A.1.1 开挖式基槽施工图

A.1.2 开挖式基槽施工应符合下列规定：

- 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 应在坑槽周边的坑壁土上喷洒适量水，并应夯实坑壁土，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。

A.1.3 地插膨胀式基槽施工应符合下列规定：

- 1 对地基进行钻孔，钻孔直径不应小于 5cm，钻孔深度不应少于 60cm；
- 2 应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 岩质地基的北斗监测桩安装位置不宜深挖基础预埋，可通过修整地面，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符合下列规定：

1 清理安装面，清理区域的面积尺寸不应小于 300mm×300mm，应确保在该尺寸范围内表面平整度不超过 5mm；

2 岩质地基安装面应清除浮砂、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，可采用焊接或膨胀螺栓固定工艺，具体方法如下：

- 1) 对于岩质地基安装面，应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；应在 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，应在基底涂刷结构胶，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。

A.3 混凝土结构监测桩的安装

A.3.1 混凝土监测桩的安装应符合下列规定：

- 1 清理安装面，清理区域的面积尺寸不应小于 300mm×300mm，应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，可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，应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；应在 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，应在基底涂刷结构胶，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。

A.3.2 混凝土监测桩安装可见图 A.3.2-1 和图 A.3.2-2。

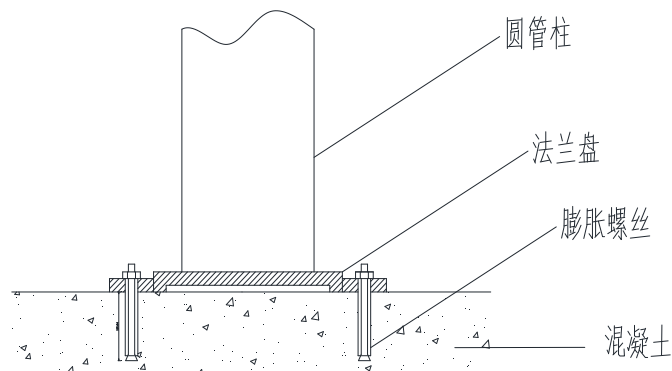


图 A.3.2-1 混凝土上表面监测桩安装示意图

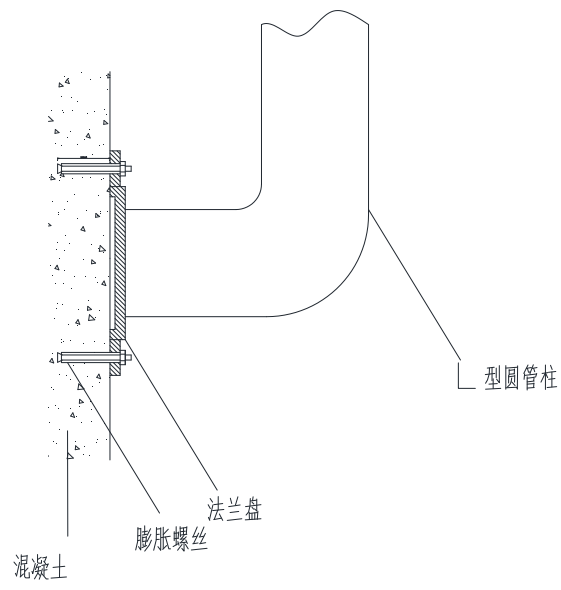


图 A. 3. 2-2 混凝土侧面监测桩安装示意图

附录 B 监测站的安装

B.0.1 监测站的安装应符合下列规定：

- 1 T 型支架组装时，应将螺栓穿入方钢管中，用螺母拧紧；
- 2 锂电池安装时，应将锂电池放入监测站主体立杆的中空处，锂电池的挂钩应挂在主体立杆上端的方形开孔处；
- 3 T 型支架安装时，应将 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，应将两枚定位销，分别插入方钢管的定位孔，锁稳；
- 4 连接线路时，应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；
- 5 太阳能供电的监测站结构可按本标准图 B.0.1 规定确定。

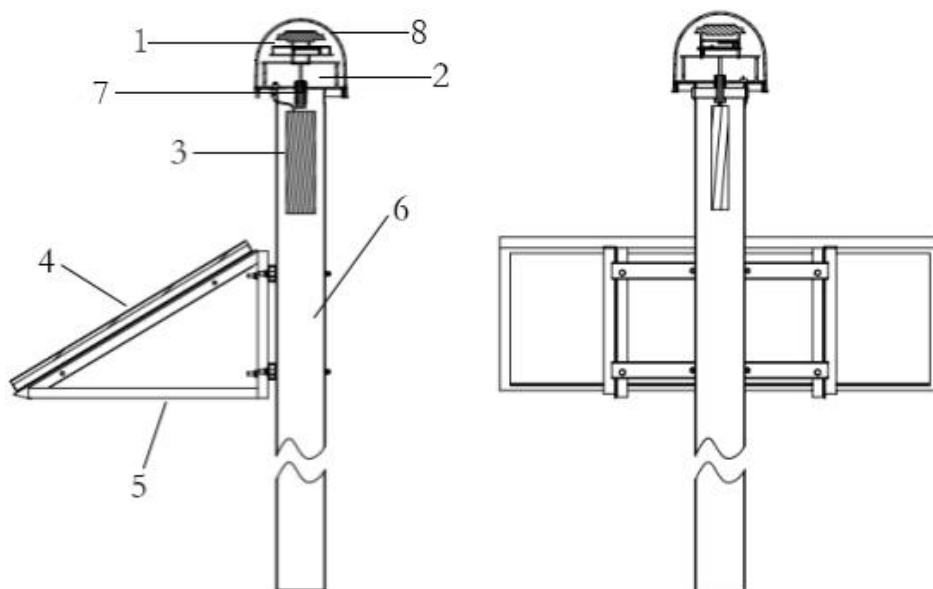


图 B.0.1 太阳能供电的监测站结构示意图

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。

B.0.2 光伏支架安装应符合下列规定：

- 1 支架可分为两部分，包括横支架和斜支架，横支架宜采用镀锌钢板和空心圆管焊接制成，应紧固在柱体上；斜支架宜采用镀锌钢板折弯焊接而成，可对光伏板形成一定的保护；
- 2 应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，光伏支架宜朝南。无条件朝北时，应将光伏板调节到一个水平角度；
- 4 光伏支架结构可按图 B.0.2 规定确定。

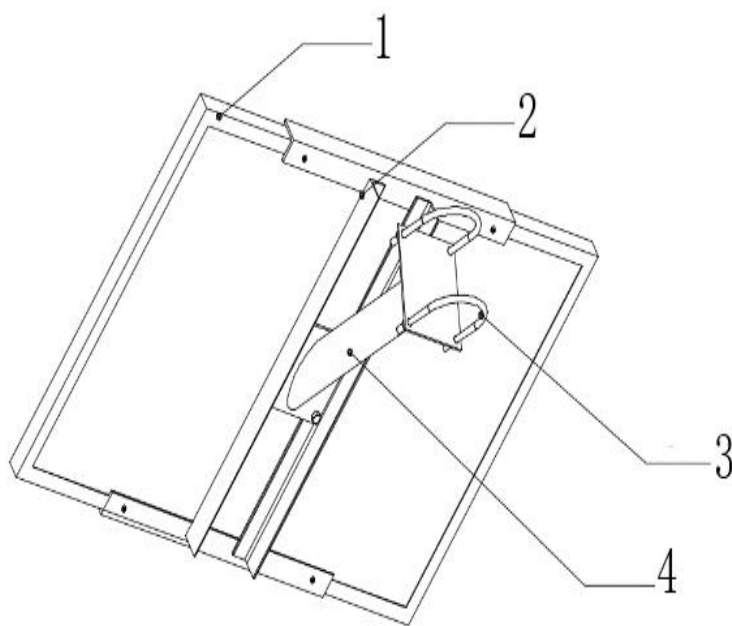


图 B.0.2 光伏支架结构图

1——光伏板；2——斜支架；3——U型螺栓（抱箍）；4——横支架。

B.0.3 市电供电的监测站的安装应符合下列规定：

- 1 T型支架组装时，应将螺栓穿入方钢管中，用螺母拧紧；
- 2 变压器安装时，应将变压器放入监测站主体立杆的中空处，变压器的挂钩应挂在主体立杆上端的方形开孔处；
- 3 T型支架安装时，应将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，应将两枚定位销，分别插入方钢管的定位孔，锁稳；
- 4 监测接收机安装时，应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 市电供电线路安装时，应供电线路通过线管穿线的方式接入监测桩下部的穿线孔；应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，变压器的出线应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；
- 6 市电供电的监测站结构可按图 B.0.3 规定确定。

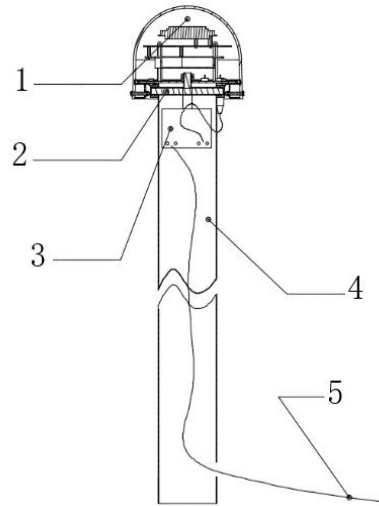


图 B.0.3 市电供电的监测站结构示意图

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。

本标准用词说明

- 1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关的标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准目录

- 1 《工程测量标准》 GB 50026
- 2 《电击防护 装置和设备的通用部分》 GB/T 17045
- 3 《北斗卫星导航术语》 GB/T 39267
- 4 《全球连续监测评估系统（iGMAS）质量要求 第1部分：观测数据》 GB/T 39396.1
- 5 《全球连续监测评估系统（iGMAS）文件格式 第2部分：产品》 GB/T 39397.2
- 6 《北斗卫星导航系统空间信号接口规范》 GB/T 39414
- 7 《北斗地基增强系统通信网络系统技术规范》 GB/T 39723
- 8 《北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范 第1部分：建设规范》 GB/T 39772.1
- 9 《北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范》 GB/T 39399

深圳市工程建设地方标准

交通基础设施北斗应用监测技术标准

SJG 225 - 2026

条文说明

目 次

1	总则	30
2	术语和缩略语	31
4	监测系统	32
4.1	北斗监测系统组成	32
4.2	监测站和基准站	32
5	监测项目	33
5.1	边坡监测	33
5.2	桥梁监测	33
5.3	隧道监测	33
6	监测实施	34
6.2	变形监测	34
6.4	数据存储与处理分析	34
6.5	监测预警	34

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，本标准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，未在本标准中明确说明的机场、港口、航道等结构物北斗监测需遵循相关行业规范规程开展工作。

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。

2 术语和缩略语

本章节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，编入本标准中。

现行国家标准《北斗卫星导航术语》GB/T 39267、《工程测量基本术语标准》GB/T 50228 界定的以及本章节中所列的术语适用于本标准。

4 监测系统

4.1 北斗监测系统组成

4.1.1 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。

4.2 监测站和基准站

4.2.1 《深圳市低空基础设施高质量建设方案（2024—2026年）》中要求“坚持整合利旧原则，在既有北斗地基增强系统基础上，逐步整合现有水务、交通、通信、测绘、气象等行业基准站”。因此，需尽可能将基准站纳入深圳市北斗地基增强系统，以资源整合、共享利用为原则，优先考虑使用深圳市北斗地基增强既有基准站资源，避免重复建设。

4.2.2 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。

4.2.4 随着技术的升级迭代，监测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。

4.2.5 监测桩的长度及壁厚需要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。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。

4.2.6 太阳能供电系统中太阳能板与蓄电池容量配置需因地制宜，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。

4.2.8 地质构成不稳定地区包括断裂带、易发生滑坡、沉陷、地下水位变化较大等变形地区；本条中基准站选点目的是为了便于站点长期连续运行。

4.2.9 监测站建立在不稳定地质构造条件的块体上的目的是用以监测风险地段是否发生险情；易产生多路径效应的地物包括高大建筑、树木、水体、海滩和易积水地带等。

5 监测项目

5.1 边坡监测

5.1.1 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。

5.2 桥梁监测

5.2.1 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。

5.2.2 由于北斗监测站主要输出数据为监测点的三维坐标，主要对沉降、位移相关的参数进行监测。因此，除本标准所列举的可实施的监测项目，在《广东省公路桥梁结构监测技术指南（试行）》提及的其他桥梁监测项目，如车辆荷载、船舶撞击、温度等，需根据相应的技术标准实施监测。

5.3 隧道监测

5.3.2 隧道洞口及仰坡监测内容需充分考虑地域气候、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。

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

6 监测实施

6.2 变形监测

6.2.3 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，需要计算并消除两者的时间误差才能实现精准定位，这时就需引入第 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。

6.4 数据存储与处理分析

6.4.1 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。

6.4.3 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。

6.4.4 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，这些能够帮助技术工作人员综合分析监测结构的变化。

6.5 监测预警

6.5.1 监测预警的划分可参考下表 1

表 1 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；

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；

3 风险程度参考所处地区风险等级划分结论确定；

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，需采取就高原则确定预警等级。

6.5.3 关于监测预警阈值，目前我国尚无通用的阈值标准，需根据不同区域地质情况、结构类型、环境条件来综合确定，并动态调整。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》JTG/T 3334、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 等少部分标准有说明预警阈值标准，但仅供参考酌情使用。

边坡监测在《广东省公路边坡监测技术指南》GDJT 001-09 提到，根据主控因素进行预警，预警值可参考表 2，具体数值建议基于实际情况、监测内容历史统计值、设计值和规范容许值确定，并考虑边坡日常管养控制需求。

表 2 边坡监测预警阈值参考值

预警项目	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
地表水平位移	30~40mm	5~6mm/d
地表垂直位移	20~40mm	5~6mm/d

桥梁监测异常报警可根据《广东省公路桥梁结构监测技术指南》GDJT 002-09 相关条文的说明，设定三级报警阈值，当监测数据达到或超过报警阈值时，建议同步报警。当监测数据提示异常报警时，需深入分析监测数据，关注异常状态的影响程度和发展趋势。报警阈值建议基于监测内容历史统计值、设计值、仿真计算值和规范容许值确定，并建议考虑桥梁管养需求、车辆通行管控建议等监测应用需求。报警阈值由系统设计单位结合监测场景和桥梁管养需求提出，可参考表 3 进行设置。

表 3 超限报警阈值设定

报警类别	报警内容	超限阈值	超限级别
结构响应	主梁横向位移	达到 0.8 倍设计值	二级
		达到设计值或一个月内出现 10 次以上二级超限	三级
	塔顶偏位	达到 0.8 倍设计值	二级
		达到设计值或一个月内出现 10 次以上二级超限	三级
	主缆偏位	达到 0.8 倍设计值	二级
		达到设计值或一个月内出现 10 次以上二级超限	三级
梁桥高墩墩顶位移	达到 0.8 倍设计值	二级	
报警类别	报警内容	超限阈值	超限级别
结构响应	梁桥高墩墩顶位移	达到设计值或一个月内出现 10 次以上二级超限	三级
监测数据分析结果	塔顶或主缆偏位	出现永久偏位	三级

隧道监测根据《广东省公路隧道结构监测技术指南》GDJT 003-09 的相关内容，异常报警可设定三级报警阈值，当监测数据达到或超过报警阈值时同步报警。报警阈值建议基于监测内容历史统计值、设计值和规范容许值确定，并建议考虑隧道管养、车辆安全通行等监测应用需求。报警阈值以结构监测指标为主，环境类型监测数据为辅确定，并由系统设计单位结合隧道监测场景和隧道管养需求提出，无法提出时可参考表 4 设置。

表 4 阈值设定表

报警内容	超限阈值 ^a	报警级别
水平位移	达到 0.6 倍设计允许值	一级
	达到 0.8 倍设计允许值	二级
	达到设计值或一天内出现 10 次以上二级报警	三级
周边位移	达到 0.6 倍设计富余值	一级
	达到 0.8 倍设计富余值	二级
	达到设计值或一天内出现 10 次以上二级报警	三级