|  |  |
| --- | --- |
| ICSXX.XXX | **DBXX** |
| 湖南省地方标准 | |
| DBXX/ T XXXX-XXX | |

|  |
| --- |
| 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测技术规程 |
| BeiDou/Global Navigation Satellite System (GNSS) Deformation Monitoring Technical Regulations |
|  |
|  |
| **XXXX-XX-XX发布 XXXX-XX-XX实施** |
| **湖南省市场监督管理局 发布** |

目 录

[前 言 III](#_Toc25509)

[1范围 1](#_Toc1452)

[2 规范性引用文件 2](#_Toc24886)

[3 术语和定义、符号和缩略词 3](#_Toc24554)

[3.1 术语和定义 3](#_Toc27980)

[3.2 符号和缩略语 3](#_Toc12379)

[4 基本规定 4](#_Toc20092)

[5 监测设备 6](#_Toc859)

[5.1一般规定 6](#_Toc10090)

[5.2性能要求 6](#_Toc25065)

[6 选点布设 9](#_Toc12886)

[6.1一般规定 9](#_Toc9598)

[6.2地质灾害监测 9](#_Toc12844)

[6.3露天矿边坡监测 10](#_Toc24418)

[6.4尾矿库监测 10](#_Toc3313)

[6.5水库大坝监测 11](#_Toc6107)

[6.6大跨径桥梁监测 11](#_Toc25288)

[6.7 建（构）筑物监测 12](#_Toc2992)

[7 设备安装及维护 13](#_Toc19936)

[7.1一般规定 13](#_Toc715)

[7.2监测桩及基础施工 13](#_Toc6918)

[7.3设备供电 14](#_Toc28942)

[7.4设备维护与保护 14](#_Toc1982)

[8 软件功能 15](#_Toc23178)

[9 数据处理、分析与应用 16](#_Toc14848)

[9.1数据处理 16](#_Toc32447)

[9.2数据分析 16](#_Toc1812)

[9.3数据应用 16](#_Toc10893)

**前 言**

本标准按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构与起草规则》给出的规则起草。

本标准由湖南省市场监督管理局提出。

本标准由湖南省工业和信息化厅归口。

本标准起草单位：湖南联智科技股份有限公司、中南大学、湖南大学、湖南省交通科学研究院、长沙理工大学、湖南建院建设工程检测有限责任公司、中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司、湖南联智监测科技有限公司、湖南轨道技术应用研究中心有限公司、湖南交通职业技术学院、湖南澧水工程项目管理有限公司

本标准主要起草人：谢鸿、梁晓东、邓红卫、邓露、巢万里、刘长松、熊用、王磊、张卫民、彭东黎、陈大川、钟虞全、李鹏、汪盛、张敏、向彩林、邓畯仁、陈浩、赵果、曾兴颖、刘正兴、程诚、汤金毅、邓龙飞、李君、高尚康、赵博昆、王璇、何亨武、肖骏文、刘妙群、雷孟飞、金鑫、刘彩红、肖竹

1范围

本规程规定了北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测应用于不同场景下的设备性能要求、选点要求、安装要求、维护要求、数据处理与应用要求等。

本规程适用于大跨径桥梁或空间结构、高层与高耸结构、高边坡、尾矿库、露天矿边坡或排土场边坡、水库大坝、水电站结构及周边滑坡、地质灾害等长期形变监测工作。

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。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包含所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 18314 全球定位系统（GPS）测量规范

RISN-TG025 基于北斗卫星导航系统的建筑安全监测技术导则

YS 5229 岩土工程监测规范

GB 50982 建筑与桥梁结构监测技术规范

GB 51108 尾矿库在线安全监测系统工程技术规范

AQ/T 2063 金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范

SL 551 土石坝安全监测技术规范

SL 601 混凝土坝安全监测技术规范

地质灾害普适型仪器监测预警规范

3 术语和定义、符号和缩略词

3.1 术语和定义

3.1.1低轨卫星物联网 Low-orbit satellite Internet of Things

一种利用低地球轨道卫星作为通信基站，为地面用户提供物联网通信传输服务的通信技术。

3.1.2边缘解算 Edge solving

一种将应用程序、数据资料与服务的运算，由网络中心节点，移往网络逻辑上的边缘节点来处理的分散式运算的架构。

3.1.3标称精度 Nominal accuracy

用于描述系统或设备的理论精度或期望精度的度量。

3.1.4有效观测卫星数 Number of effective observation satellites

接收机采集的卫星数据中满足所要求的解算数据的卫星个数。

3.1.5卫星高度角 Satellite altitude angle

卫星与地球表面垂直方向上的夹角。

3.1.6有效观测时间 Effective observation time

在导航定位中，指卫星导航接收设备在特定的导航定位条件下，能够接收到卫星信号并计算出位置信息的时间。

3.1.7基线长度 Baseline length

连接两个已知点的线段被称为基线，通过测量基线长度确定出的两点间距离为基线长度。

3.2 符号和缩略语

RMS：均方根（Root Mean Square）

GNSS：全球卫星导航系统（Global Navigation Satellite System）

RTCM:一种用于差分全球卫星定位系统(GNSS)的数据格式(Real-Time Kinematic)

D：所测量的基线精度

PPM：百万分率或百万分之几（Parts per million）

MTBF：平均无故障间隔时间（Mean Time Between Failure）

4 基本规定

4.1 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）可对下列对象进行形变监测：

1 大跨径桥梁或空间结构

2 高层与高耸结构

3 公路、建筑、市政工程高边坡

4 尾矿库

5 露天矿边坡或排土场边坡

6 水库大坝、水电站结构及周边滑坡

7地质灾害

8 适用北斗/全球卫星导航系统（GNSS）进行形变监测的其他结构物

4.2 监测前应根据监测目的、工程结构特点、监测要求、工程设计文件，结合现场及周边环境条件，制定形变监测方案。

4.3 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测设备的选择应能满足现场环境条件的要求。

4.4 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测解析数据的方向（X、Y、Z）定义应符合相关行业管理的规定。

4.5 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）监测站的布设应符合相关行业的管理规定。

4.6 应根据不同的应用场景合理的进行北斗/全球卫星导航系统（GNSS）监测站的安装埋设，保证监测站的稳固，不受现场环境条件的影响。

4.7 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测应通过专用的解算软件进行数据解析。

4.8 为保证北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测站的长期稳定运行，应对监测设施采取保护、维护措施，并进行巡查和系统维护。

4.9 基于不同级别的变形监测要求，北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测宜采用静态监测模式，按表4.1的技术要求执行。

表4.1 一、二、三、四等形变监测应用要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **等级** | | **一等** | **二等** | **三等** | **四等** |
| 精度要求 | 垂直位移监测高程中误差（mm） | 0.3 | 0.5 | 1 | 2 |
| 水平位移监测点位中误差（mm） | 1.5 | 3 | 6 | 12 |
| 北斗/GNSS监测要求 | 接收机标称精度 | / | 2.5mm+0.5ppm | 3mm+1ppm | 5mm+1ppm |
| 有效观测卫星总数 | / | ≥6 | ≥4 | ≥4 |
| 卫星高度角（°） | / | ≥15 | ≥15 | ≥15 |
| 有效观测时段长度（min） | / | ≥30 | ≥30 | ≥30 |
| 基线长度（km） | / | ≤1 | ≤3 | ≤5 |
| 采样间隔（s） | / | 15 | 10～30 | 5～15 |
| 适用范围 | | 变形特别敏感的高层建筑、高耸构筑物、工业建筑、重要古建筑、大型坝体、精密工程设施、特大型桥梁、大型直立岩体、大型坝区地壳变形监测等 | 变形比较敏感的高层建筑、高耸构筑物、工业建筑、古建筑、特大型和大型桥梁、大中型坝体、直立岩体、高边坡、重要工程设施、重大地下工程、危害性较大的滑坡监测等 | 一般性的高层建筑、多层建筑、工业建筑、高耸构筑物、直立岩体、高边坡、深基坑、一般地下工程、危害性一般的滑坡监测、大型桥梁等 | 观测精度要求较低的建(构)筑物、普通滑坡监测、中小型桥梁等 |
| 注1：/ 表示北斗/GNSS不能用于该等级变形监测 注2：接收机标称精度表示用于该等级监测的接收机标称精度不能小于表中规格 | | | | | |

5 监测设备

5.1一般规定

5.1.1 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测应采用具备接收多星多频点卫星信号能力的接收机。

5.1.2 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测接收机RTCM数据应支持4G/5G传输，同时宜预留低轨卫星物联网、局域无线组网、北斗短报文等数据传输通道。

5.1.3 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测接收机应可根据环境现场条件选择由太阳能板和锂电池、太阳能板和铅酸电池、市电等方式提供长期的电源供应。

5.1.4 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测接收机宜具备边缘解算功能及本地存储功能。

5.1.5 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测接收机卫星天线应符合BD 420003-2015要求。

5.1.6 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测接收机不应低于GB/T 4208-2017规定的IP55外壳防护等级要求。

5.1.7 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测接收机同一时段观测值的数据采用率不宜小于85%。

5.2性能要求

5.2.1 尾矿库

1 在线安全监测设备应根据尾砂腐蚀性、高温及多尘、气候变化等现场环境条件选用仪器设备。

2 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测接收机主要技术参数见表：

**表5.2.1 尾矿坝体监测设备指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 监测项目 | 仪器名称 | 仪器技术指标 | |
| 监测等级Ⅰ级 | 监测等级Ⅱ级 |
| 坝体表面位移、地质滑坡体表面位移 | 北斗/GNSS接收机 | 水平：3mm+1×10-6×D | 水平：3mm+1×10-6×D |
| 竖向：5mm+1×10-6×D | 竖向：5mm+1×10-6×D |
| 堆积坝坡比 | 北斗/GNSS接收机 | 水平：5mm+5×10-6×D | |
| 竖向：10mm+5×10-6×D | |

5.2.2 地质灾害

1 监测仪器应具备双向通信和远程调试功能，可根据预警等级动态调整采样与上传频率。

2 监测仪器应稳定可靠，能适应野外地质环境，具备防水、防尘及耐高低温等基本性能。

3 监测仪器应经法定第三方检验检测机构校准/检测/标定/测试合格，且检验检测资料齐全，并在有效期内使用。

4 监测仪器原则上以内置高性能电池供电。采用太阳能供电的仪器，太阳能板功率应与蓄电池容量匹配，配套蓄电池容量应保证仪器在无日照条件下至少连续工作30d，在久雾久雨及日照率小于30%的地区可适当增大容量。采用一次性电池供电的低功耗仪器，在1h采集和上报一次的工作频率下，应保证电池至少能供仪器正常工作1y（即电池更换周期不小于1y）。

5 地面网络信号覆盖不佳、地质灾害危险等级较高与极端天气事件易发地区，应采用地面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 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测接收机主要技术参数见表：

**表5.2.2 普适型地质灾害监测设备指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参数类型 | 技术指标 | | 备注 |
| 测量精度 | 静态相对定位精度 | 水平：5mm+1ppm RMS |  |
| 垂直：10mm+1ppm RMS |  |
| 动态相对定位精度 | 水平：10mm+1ppm RMS |  |
| 垂直：20mm+1ppm RMS |  |
| 采样间隔 | 0s～24h | | 按需求设定 |
| 上传间隔 | 0s～72h | | 按需求设定 |
| 通信方式 | 移动通信/低功率广域网/高低轨卫星通信 | |  |
| 通信标准 | 符合《地质灾害监测数据通信技术要求》（计划号：201912007） | |  |
| 输出参数 | 位移、倾角、振动加速度等RTCM32原始数据(静态模式)、动态位移(动态模式) | |  |
| 星频要求及工作 模式 | BDS+GPS/双星四频以上 | | 支持内置MEMS传感器动态触发调整监测频率 |
| 功耗 | 在采样间隔不低于15s且上传间隔不低于15s情况下，接收机正常工作的平均功耗<2W | |  |
| 工作温度 | -20～+65℃ | | 高寒地区定制 |
| 防护等级 | IP67以上 | |  |
| 仪器可靠性 | MTBF指标不低于10000小时 | |  |
| 安装方式 | 标准观测墩、现浇混凝土墩、钢结构等 | |  |
| 供电方式 | 按需供电方式，满足连续30个阴雨日正常工作 | | 具备过压及欠压保护 |
| **注** ：支持无网络环境下前端解算触发现场报警。 | | | |

5.2.3 露天矿边坡和排土场边坡平面静态解算精度优于(2.5+1×10-6×D)毫米,高程静态解算精度优于(5.0+1×10-6×D)毫米, 设备年度综合在线率不低于90%。

5.2.4 水库大坝监测设备标称精度不应大于3mm+1×10-6×D。

5.2.5 大跨径桥梁、高耸建筑、高边坡及其他结构物可参照4.9相关规定执行。

6 选点布设

6.1一般规定

6.1.1 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测站安装点位的选择应遵循监测有效性、环境适宜性、 施工可行性、维护安全性和便利性等原则，监测点位应具备较好的人机可达性和一定的基础施工条件。

6.1.2 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变基准站应布设在结构体外围稳定处；应保证搜星条件良好，视野开阔，视场内障碍物的高度角不应超过15°，附近不应有强烈反射卫星信号的物件（如大型建筑物等），以便接收卫星信号。远离大功率无线电发射源 （如电视台、电台、微波站等），其距离不小于200m；远离高压输电线路和微波无线电信号传输通道，其距离不应小于50m。

6.2地质灾害监测

6.2.1 地质灾害监测主要适用于有较明显地表变形特征的地质灾害体，包含滑坡、崩塌及不稳定斜坡等。

6.2.2 滑坡、崩塌及不稳定斜坡监测剖面布设应遵循以下原则：

1 监测剖面布设应统筹兼顾、突出重点。监测剖面的布设应根据隐患点类型、发育分布特征及发展演化趋势，结合监测场地条件和监测预警工作需要统一规划、统筹部署。以隐患变化明显因素和主要控制因素为主要监测内容，以明显变形区段和块体为关键监测部位。

2 监测剖面应能系统监控致灾体自身及周边环境因素的活动特征和发展趋势，并兼顾承灾体的分布情况。

3 监测剖面应穿过滑坡、崩塌、不稳定斜坡的不同变形地段或块体，应重点考虑滑坡、崩塌和不稳定边坡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。

4 纵向剖面线方向应与滑坡、崩塌和不稳定边坡主要变形方向一致或相近。有两个或两个以上变形方向时，纵剖面应相应布设。

5 横向剖面线应布设在滑坡中部至前缘剪出口之间，并结合滑坡规模、地形条件等情况， 向两侧延伸至滑坡边界以外一定范围。

6 剖面布设应优先考虑“十”字型，即一条纵剖面和一条横剖面。在此基础上，可根据监测需 求扩展为“卄”字型、“卅”字型、“＃”字型或“丰”字型或放射状等型式。针对小型的滑坡、崩塌和不稳定斜坡可以简化。

7 主监测剖面上布设的监测仪器，确保能综合反映地质灾害体及致灾环境因素的变化特征。

8 集中连片实施时应在保障单点监测需求的前提下，遵循集约共享原则优化总体方案，统筹规划GNSS监测站、基准站，并在监测设计方案中编制相关内容。

6.2.3滑坡、崩塌及不稳定斜坡监测点布置一般应符合下列规定：

1监测点应根据测线建立的变形地段、块体及其组合特征进行选择，宜布置在测线上或测线两侧5m范围内。

2 监测点的位置和数量应能反映滑坡、崩塌的实际状态及变化趋势，且宜布置在主要变形区域、发展趋势不稳定的重点区块和关键点位。

3 监测点的布置应便于监测设备的安装、测试、维护和更换。

4 在满足视线开阔、便于区域联测要求的基础上，宜缩短信号的传输距离。

6.3露天矿边坡监测

6.3.1 露天矿北斗/GNSS监测主要适用于边坡工程安全等级为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ露天矿靠帮边坡、排土场地表变形监测。

6.3.2 监测基点设置应不少于3个，且设在稳定区域内。

6.3.3 采用北斗/GNSS位移监测方法时，应符合下列规定：

1 测点应与边坡牢固结合；

2 表面水平位移及垂直位移监测，应共用一个测点；

3 沿主滑动方向及滑动面范围选取典型断面布置测线，再按测线布置相应监测点；

4 测线水平间距不大于100m,测点垂直间距不大于50 m；

5 未开采至最终边坡时，应在采场边坡上设置临时监测点；

6 长期性表面位移测点底座埋入的深度不小于1.0m,冰冻区应埋入冰冻层以下0.5m；

7 对于岩质边坡，水平位移监测相邻点位中误差不大于6mm,垂直位移监测高程中误差不大于3mm；

8 对于土质边坡，水平位移监测相邻点位中误差不大于12mm,垂直位移监测高程中误差不大于10mm。

6.4尾矿库监测

6.4.1 尾矿库北斗/GNSS监测主要适用于一～五等尾矿库坝体、岸坡及库区地质滑坡体地表变形监测。

6.4.2 矿库坝体变形监测断面和监测点应符合下列规定：

1 监测横剖面宜选在最大坝高、有排水管通过、地质条件变化较大的地段及尾矿库运行有异常反应处。  
 2 初期坝顶和后期坝顶宜各布设1条监测纵剖面，且每30m～60m高差宜布设1条监测纵剖面，监测纵剖面不宜少于3条。  
 3 监测纵剖面的测点间距,坝长小于300m时，宜取20m～100m；坝长为300m～1000m时，宜取50m～200m；坝长大于1000m时，宜取100m～300m。

6.4.3对于危及库区、排洪构筑物及附属设施安全和运行的新老滑坡体或潜在滑坡体应监测，地质滑坡体监测剖面与监测点布置符合下列规定：

1 滑坡体表面位移监测应沿顺滑方向布设1～3条监测剖面，剖面线且宜穿过主要变形区域、发展趋势不稳定的重点区块和关键点位。

2 测点沿剖面线布设或布设在测线两侧5m范围内，每条测线不少于3个监测点。

6.5水库大坝监测

6.5.1 水库大坝北斗/GNSS监测适用于土石坝、混凝土坝等水利工程地表变形安全监测。

6.5.2 土石坝变形监测断面和监测点应符合下列规定：

1 监测站应布置在旁离障碍物1.0m以上的位置。

2 平行坝轴线的测线不宜少于4条，宜在坝顶的上、下游两侧设1条～2条；在上游坝坡正常蓄水位以上设1条；在下游坝坡1/2坝高以上设1条～3条；在1/2坝高以下设1条～2条（含坡脚1条）。对软基上的土石坝，还应在下游坝趾外曾设1条～2条。

3 上游坝坡正常蓄水位以下，可视需要设临时测线。

4 对高面板土石坝，应在各期上游面板顶部和相应部位的垫层料上设置施工临时测线。

5 应在各条测线与监测断面交点部位布设测点，并根据坝体结构、材料分区和地形、地质情况增设测点。测点间距，一般坝轴线长度小于300m时，宜取20m～50m;坝轴线长度大于300m时，宜取50m～100m。对“V”形河谷中的高坝和坝基地形变化陡峻的坝，坝顶靠两岸部位的测点应适当加密。

6.5.3混凝土坝变形监测断面和监测点应符合下列规定：

1 变形横向监测断面垂直于坝轴线方向布置，应布置在地质或坝体结构复杂的坝段、最高坝段和其他有代表性的坝段。

2 变形横向监测断面的数量，应根据地质情况、坝体结构和坝顶轴线长度等因素确定，可设1个～3个；对于坝顶轴线长度大于800m的，可设3个～5个。当存在需兼顾准直系统基点、折线坝型等特殊情况时，横向监测断面的数量可视需要布置。

3 变形纵向监测断面平行于坝轴线方向布置，纵断面上的测线沿高程方向宜设在坝顶和基础廊道，高坝宜结合坝内廊道及坝后交通设施，在坝体中间高程布置纵向测线。

6.6大跨径桥梁监测

6.6.1 大跨径桥梁北斗/GNSS监测适用于桥梁结构、构件的水平和竖向位移，包含：桥墩（桥台）位移、桥塔偏位、拱顶位移、梁体位移、主缆偏位等结构变形参数的监测。

6.6.2 梁体位移监测应遵循以下原则：

1 梁体竖向位移监测测点应在主跨跨中和 1 /4、3 /4 主跨,边跨跨中处布设；对于宽幅桥面、中央索面或其他具有扭转监测需求的梁体，应在同一断面左右幅外侧位置布设监测测点。

2 主梁横向位移监测测点应在主跨跨中布设。

3 主梁梁端纵向位移测点宜布设在墩顶梁端支座处。

6.6.3 桥墩（桥台）的纵向和横向位移测点宜布设在墩顶。

6.6.4 塔顶偏位和拱顶位移监测测点应分别布设于索塔顶部、拱顶部。

6.6.5 主缆偏位监测测点宜在主跨跨中和1/4、3/4主跨。

6.7 建（构）筑物监测

6.7.1 建（构）筑物北斗/GNSS变形监测适用于地上建筑物或构筑物的位移、倾斜、沉降，结构构件的变形，以及建构筑物周边地表位移的监测。

6.7.2 建（构）筑物北斗/GNSS监测测点布置应与结构分析相结合。

6.7.3 建（构）筑物施工期变形沉降、变形应符合以下原则：

1 沉降监测应与水平位移监测测点一致。

2 应包含建（构）筑物形体之间相对变形监测、关键结构节点空间三位变形监测。

3 变形测点应布置在结构变形较大或对变形反应较为敏感的区域。

4 对于高耸结构，除重要受力结构外，可按一定高度间隔取一定的结构节间进行测点布设。

6.7.4 建构筑物使用期变形测点可选取以下位置。

1 影响建构筑物结构安全的特征构件、变形较大的关键点、建构筑物主要承重结构（立柱、承重墙等）。

2 建构筑物的塔顶、承重结构外立面等。

7 设备安装及维护

7.1一般规定

7.1.1 北斗/GNSS形变监测站应根据结构物类型以及应用场景，满足监测工作的需求，同时结合现场供电、采光以及施工条件等进行设备安装。

7.1.2 设备维护工作应做到准时、及时、长时，保障设备的正常运行。

7.1.3 设备安装及线缆布设工艺应整洁规范。

7.1.4 应采取一定的措施（护栏、围栏、警示标识等）对北斗/GNSS进行保护，防止破坏。

7.2监测桩及基础施工

7.2.1 根据不同的结构物类型以及应用场景，可选择不同规格的监测桩长。特殊场景应用时，可使用定制监测桩。

7.2.2 监测桩安装应牢固可靠，监测桩高度和垂直度应满足设计要求，且安装完成后，天线设备必须在避雷针的保护范围内。

7.2.3 为确保监测桩整体的刚性，常规条件下主体立柱宜选用直径≥140mm，管壁厚度≥3mm以上的型材钢管，长度视应用场景而定。

7.2.4 主体钢管上不宜存较大开孔，单个开孔面积应小于0.005m2；开孔个数宜小于10个，整体开孔面积应小于0.01m2。

7.2.5 监测桩安装北斗定位天线等主要监测设备的支座应具备重复定位能力，其中各向重复定位精度优于0.2mm。

7.2.6 监测桩表面应进行防腐处理，可采用材料自带防腐。

7.2.7 监测桩应对监测设备进行良好的防护处理，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。

7.2.8 下述情况应加装防雷设施：

1 高度不低于3米的北斗/GNSS形变监测桩；

2 高耸建筑与大跨径桥梁北斗/GNSS形变监测；

3 其他有相关要求的情况。

7.2.9 北斗/GNSS形变监测站基础埋设应符合下列规定：

1 建（构）筑物与大跨径桥梁北斗/GNSS形变监测站应与结构表面紧密贴合，应采用膨胀螺栓或者抱箍的形式进行固定桩体；

2 土层观测墩，墩体地下埋深应不小于1m（冻土层上，墩体重心应位于冻土层以下不少于0.5m）；

3 基岩观测墩，内部钢筋与基岩紧密浇筑，浇筑深度应不小于0.5m。

7.3设备供电

7.3.1 监测站可采用市电供电方式和电池搭配光伏板的太阳能供电方式。

7.3.2 当有稳定市电接入条件时，系统宜采用市电供电方式。对于无法接入市电时，采用电池搭配太阳能板供电方式。

7.3.3 当采用太阳能供电时，太阳能板应安装朝南向，且应能够正常日照，无植被和建筑遮挡。对于无日照阴雨天气时，供电系统应能正常供电满足使用需求。

7.3.4蓄电池外观材质应具备良好的防腐阻燃功能，阻燃等级应满足相关规定要求。

7.4设备维护与保护

7.4.1 汛期内每月对监测点位进行巡检，非汛期每季度巡检一次，不同地区在汛期按照环境湿度进行加密检查。主要检查有无破坏迹象，对已被破坏的监测点进行记录并上报。

7.4.2 采用太阳能供电的设备应每季度检查太阳能充电面板，对有灰尘、积雪覆盖的太阳能电池板进行清理；对树木生长导致太阳能电池板被遮挡的监测点位，应及时修剪树枝。

7.4.3 应定期观察具备电量自动测量功能的监测仪器电池电量，应每月人工检查无电量自动测量功能的监测仪器电池电量。对电量不足的监测仪器，应及时进行人工充电或更换电池。

7.4.4 每季度检查仪器机箱内部状态，对有异物的机箱进行清理；对锈蚀的接线端子进行更换。

7.4.5 工作期内出现数据异常的监测仪器，须在发现异常后48小时内响应，并采取相应措施及时排除异常。

7.4.6 监测仪器建成后，应按需设置标识警示牌，标识牌应采用醒目标识及警告内容。

7.4.7 对于本身保护要求较高或位于房前屋后、公路旁、农用地内等受人为活动直接影响的监测点位，应修建围栏、防护网等防止破坏。

8 软件系统

8.1 监测软件系统应具备技术先进、性能稳定、便于维护、安全可靠性高等特点。

8.2 监测软件应平台具有完整的采集、感应、传输、处理、存储、状态评估及预警等功能。

8.3 监测系统软件应具有不同类型工程项目、工点、监测点管理功能。

8.4 监测系统软件应具备下列基本功能：

1 北斗/GNSS监测设备的接入功能；

2 完整的控制、数据采集和记录功能；

3 数据解算和存储功能；

4 变形监测分析功能；

5 数据可视化功能；

6 数据预警、报警及决策功能；

7 历史数据查询功能；

8 数据上传功能。

8.5 可视化系统应利用海量数据关联分析，用图表形式对监测数据进行展示，实时显示监测点变化幅度、移动趋势等。可视化系统应具备下列功能：

1 坐标转换和位移信息计算；

2 动态显示监测点坐标及偏移量，实时显示监测点的位移、速度、加速度等信息；

3 多维度监测可视化分析，包含三维显示、平面显示、剖面图显示、矢量图、断面分析图等。

8.6 软件平台数据接口应满足下列要求：

1 自动化系统应满足监测平台规定的接口格式；

2 监管平台应为监测自动化系统以及各级监管平台之间预留API接口。

9 数据处理、分析与应用

9.1数据处理

9.2.1 具备数据的预处理和后处理能力，预处理宜采用相关算法实现数据去噪、滤波、异常剔除等功能，数据后处理宜根据数据分析需求确定。

9.2.2 数据预处理前，应先从原始数据中剔除无效观测值和冗余信息，形成各种数据文件

9.2.3 基线解算可根据监测等级和实际情况选择解算模式，宜采用单基线解模式、多基线解模式和整体解模式

9.2.4 不同等级的观测网可依据等级精度和监测工程的坐标系统要求采用无约束平差、约束平差或联合平差。

9.2数据分析

可采用作图分析方法、统计分析方法、对比分析方法、建模分析方法等对安全监测数据进行变形的几何分析和物理解释。

9.3数据应用

北斗/全球卫星导航系统（GNSS）形变监测数据可与结构其他监测参数等进行相关性分析，对结构健康做出预测。