

公路地质灾害北斗监测技术规程

Technical specification for Beidou monitoring of highway geological disasters

2024 - 10 - 08 发布

2025 - 01 - 08 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

5 北斗基准站、北斗监测站选址与建设 3

6 北斗监测设备选型 3

7 监测分级 4

8 监测项目与技术要求 5

9 数据存储与解算分析 7

10 数据分析与成果报告 8

附录 A（资料性）典型公路地质灾害测点布置方式 10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西省交通科技研发有限公司、山西省智慧交通研究院有限公司。

本文件主要起草人：张军、孙志杰、杨烜宇、熊威、赵紫阳、郭俊凯、孟利强、陈毅、刘亚明、薛新亮、王闫超、张必昌、李秀珍、郝耀虎、姚广、赵晓晋。

公路地质灾害北斗监测技术规程

1 范围

本文件规定了公路地质灾害北斗监测技术的应用范围、规范性引用文件、术语和定义、基本规定、北斗基准站、北斗监测站选址与建设、北斗监测设备选型、监测分级、监测项目与技术要求、数据存储与解算分析、数据分析与成果报告。

本文件适用于采用北斗监测技术开展公路地质灾害的监测，其他行业地质灾害可参照执行。

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 18314 全球定位系统（GPS）测量规范
- GB/T 40112 地质灾害危险性评估规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50026 工程测量规范
- GB 50497 建筑基坑工程监测技术规范
- DZ/T 0221 崩塌、滑坡、泥石流监测规范
- DZ/T 0261 滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范（1:50000）
- JGJ 8 建筑变形测量规范
- JTG D30 公路路基设计规范
- BD 420009 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）测量型接收机通用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文。

3.1

公路地质灾害 highway geohazards

在自然或人为因素作用下，发生在公路基础设施（路基、路面、桥梁、隧道、服务区等）范围内，或可对公路基础设施造成影响或形成隐患的地质灾害，如滑坡、崩塌、泥石流、沉陷与塌陷等。

3.2

北斗卫星导航系统 Beidou navigation satellite system

北斗卫星导航系统是由我国自行研制的全球卫星导航系统，由空间段、地面段和用户段组成，可在全球范围内全天候、全天时为用户提供高精度、高可靠定位、导航、授时服务。

3.3

北斗变形监测 Beidou deformation monitoring

利用北斗卫星系统的定位功能，对地表及建（构）筑物重点部位的三维形变进行实时或周期性观测的测量工作。

3.4

北斗监测系统 Beidou monitoring system

利用北斗自动监测设备对监测点位进行连续自动测量、数据传输和处理的监测网络。由若干个北斗监测站、北斗基准站、一个监测中心和数据通信系统构成。

3.5

北斗基准站 Beidou base station

在位置坐标已知点上架设高精度北斗观测设备、通信终端等设备，并在一定时间内连续观测、记录北斗卫星信号，将数据传输给数据处理中心或经处理后直接播发差分改正数据的设施。

3.6

北斗监测站 Beidou monitoring station

在待测站点架设高精度北斗观测设备、通信终端等设备，通过接收北斗卫星信号，从而获取监测站点位置信息的地面站。

3.7

相对定位 relative positioning

利用一个北斗基准站提供的误差改正数据来实时修正多个监测站定位信息的监测技术，可以通过延长相对定位的时间，实现毫米级定位。

4 基本规定

4.1 公路地质灾害监测采用北斗监测系统与其他监测手段相结合，建立完备的监测信息管理系统，保证监测信息的准确性和及时性，为工程建设、管理和养护提供依据。

4.2 公路地质灾害北斗监测技术流程如下：

- a) 现场勘察、调研，制定监测方案；
- b) 布设基准站和监测站，搭建监测系统；
- c) 数据分析，编制监测报告，紧急情况下应提供及时告警。

4.3 公路地质灾害监测前应根据公路工程地质灾害特点编制监测方案，主要内容包括：

- a) 监测目的、监测项目；
- b) 监测方法、监测点的平面布置；
- c) 监测仪器设备与精度、监测周期和频率；
- d) 监测工作量、监测实施细则与信息反馈制度等。

4.4 公路地质灾害北斗监测关键技术要求：

- a) 应采用相对定位技术；
- b) 平面坐标系统及水准高程系统宜与设计及施工等阶段的控制网坐标系统相一致。

4.5 监测周期和频次应根据原场地地基、公路建（构）筑结构型式及地质灾害特点确定，并符合下列规定：

- a) 监测时间间隔宜先短后长，发现监测量变化较大时，应加密观测频次；
- b) 监测过程应保证监测数据的连续性、有效性和完整性；

c) 相互有关联的监测项目，宜在同一时间段进行观测。

4.6 监测工作应按照规定格式记录、整理、汇总各类数据，及时分析并报告监测结果。

4.7 监测过程中应定期现场巡查，发现有影响工程安全的情况应及时上报相关单位，对形变异常部位应及时现场核查，确保监测信息准确有效。

5 北斗基准站、北斗监测站选址与建设

5.1 北斗基准站选址

5.1.1 北斗基准站应选在地基稳定、场地稳固的地点，年平均沉降和水平位移均小于 3 mm。

5.1.2 北斗基准站应视野开阔，视场内障碍物的高度不宜超过 15°。

5.1.3 北斗基准站应远离卫星信号干扰源，例如，高压线塔、微波站、通讯塔、湖面等。

5.1.4 北斗基准站应使用已知点或与高等级北斗控制网联测确定基准点坐标信息。

5.1.5 北斗基准站应定期与高等级国家控制网点联测，判断基准点是否发生位移。

5.2 北斗监测站选址

5.2.1 北斗监测站点位选定应方便观测、加密和扩展，每个监测站宜有 1 个通视方向。

5.2.2 北斗监测站点位应对空开阔，高度角在 15° 以上的范围内，应无障碍物。

5.2.3 北斗监测站点位周围不应有强烈干扰接收卫星信号的干扰源或强烈反射卫星信号的物体，距大功率无线电发射源宜大于 200 m，距高压输电线路或微波信号传输通道宜大于 50 m。

5.2.4 北斗监测站应选取公路地质灾害代表性特征点处进行布设。

5.3 北斗基准站和北斗监测站建设内容

5.3.1 北斗观测墩

- a) 观测墩应安装强制对中标志，并严格整平，墩外壁或内部应加装（或预埋）适合线缆进出硬制管道（钢制或塑料），起保护线路作用；
- b) 观测墩应采用钢筋混凝土现场浇筑；
- c) 选点与埋石结束后，应提交北斗观测墩建设竣工报告。

5.3.2 防雷设施

- a) 防雷设施建设避雷点应在固定机箱上，避雷针与机箱顶部连接，通过地脚螺栓以避雷针连接在一起；
- b) 防雷设施建设天线电缆接入设备前应加装天馈浪涌保护器，所有感应雷设备应接入防雷地网。

5.3.3 供电设施

- a) 供电设施建设应优先采用市电供电，条件受限时可采用太阳能加蓄电池的方式供电。蓄电池均用地埋箱做好保温、密封、防水处理；
- b) 供电设施建设应根据当地的纬度设计最适合的太阳能支架角度，大约为 45°，支架紧靠观测墩朝向南方。

6 北斗监测设备选型

6.1 北斗接收机符合下列规定：

- a) 北斗接收机一般包括：天线、数据处理模块和无线通信模块；
- b) 接收机应具备设置功能，设置功能包括设置北斗数据采样间隔、截止高度角、通信参数及接入网络 RTK 等，并能支持流动站和基准站工作模式；
- c) 接收机应具备显示功能，显示信息应包括电源状态、天线状态、通信状态等；
- d) 接收机应具备北斗数据采集与传输功能：
 - 1) 作为基准站的北斗监测设备应具有网络接口、串行接口和 10 MHz 频标接口；
 - 2) 数据接口应包括有线串口和无线通信接口。
- e) 接收机应具有数据存储功能：
 - 1) 接收机应具有连续存储不少于 86400 个观测历元原始观测数据的存储空间；
 - 2) 接收机在非正常断电时，应具有数据保存功能；
 - 3) 接收机的通道数与跟踪能力的要求符合 BD 420009 中 4.6.2 的规定。

6.2 北斗接收机标称精度应优于 5 mm + 1 ppm。

7 监测分级

7.1 一般规定

7.1.1 在公路地质灾害监测前，应根据灾害发育程度及危害等级确定监测等级，参见 GB/T 40112 中 4.7 的规定。

7.1.2 在公路地质灾害监测过程中，应随着监测条件的改变及时变更监测等级。

7.2 公路地质灾害危害等级

公路地质灾害危害等级按照表 1 进行划分。

表1 公路地质灾害危害等级划分表

评价要素	危害等级		
	I 级	II 级	III 级
经济损失	直接经济损失>500 万元或 间接经济损失>5000 万元	直接经济损失 100 万 ~ 500 万元或 间接经济损失 500 万 ~ 5000 万元	直接经济损失<100 万元或 间接经济损失<500 万元
人身安全	威胁人数>100 人	威胁人数 10 人 ~ 100 人	威胁人数<10 人
危害对象	高速公路	国省道	市、县、乡道

7.3 监测等级按照表 2 进行划分

表2 公路地质灾害监测等级划分表

监测等级	发育程度	危害等级
一级	强发育	I 级、II 级、III 级
	中等发育	I 级
二级	中等发育	II 级、III 级
	弱发育	I 级
三级	弱发育	II 级、III 级
注：当降雨强度达到大雨及以上级别时，监测等级相应提高一级。		

8 监测项目与技术要求

8.1 一般规定

- 8.1.1 公路地质灾害北斗监测对象应为由于地质灾害活动造成的地表变形及危害对象的变形。
- 8.1.2 在监测实施过程中，若地质灾害的监测级别发生变化时，地质灾害的监测项目应按本规程有关规定进行动态调整。
- 8.1.3 公路地质灾害北斗监测网应根据地质灾害的类型与规模、地质条件、变形特征、监测范围、监测分级、地形地貌、通视条件和施测要求进行布设。
- 8.1.4 公路地质灾害北斗监测网应包括北斗基准站和北斗监测站，以及其它必要项目监测点。
- 8.1.5 公路地质灾害监测点的布置应能反映地质灾害的变化趋势，观测点应布置在地质灾害变形关键特征部位、位置。
- 8.1.6 监测点可根据地质灾害体和危害对象的变形特征布设，以下部位应增加测点：
- a) 变形速率较大的地段或块体；
 - b) 对地质灾害稳定性起关键作用的地段或块体。
- 8.1.7 监测点的位置应避开障碍物，监测标志应稳固、明显、结构合理。
- 8.1.8 公路地质灾害北斗监测项目应根据灾害体的特点和监测级别，按表 3 的规定确定。

表3 地质灾害北斗监测项目表

监测项目	一级	二级	三级
滑坡	1、2、3、4	1、2	1、2
崩塌	1、2、3、4	1、2	1、2
沉降	1、2、3、4	1、2	1、2
塌陷	1、2、3、4	1、2	1、2
地裂缝	1	1	1
注：1=竖向位移，2=水平位移，3=地面倾斜，4=裂缝；1、2为北斗直接监测项目，3、4为其它手段监测项目。			

- 8.1.9 公路地质灾害北斗监测精度应根据监测级别和监测项目按表 4 确定。

表4 公路地质灾害北斗监测精度

单位为毫米

监测项目	监测级别		
	一级	二级	三级
水平位移	中误差 1.5 mm	中误差 3.0 mm	中误差 5.0 mm
垂直位移	中误差 3.0 mm	中误差 5.0 mm	中误差 10.0 mm

8.2 监测网布设

8.2.1 公路地质灾害北斗监测网的布设应能达到系统监测地质灾害地表变形量、变形方向，并掌握其时空动态和发展趋势。

8.2.2 公路地质灾害监测剖面、观测点的数量均应以充分反映地质灾害体的地质结构、形成机制、大小、方向为原则。

8.2.3 公路滑坡监测网布设应符合以下规定：

- a) 监测线应采用主、辅剖面法布设，纵、横监测线布设数量不少于 1 条；当需布设多条监测线时，线间距宜为 20 m~30 m；
- b) 主监测线应结合滑坡分区，沿滑坡的主滑方向布设，推移式滑坡位移监测点应重点布设于滑坡中、后部，牵引式滑坡位移监测点应重点布设于滑坡的中、前部；
- c) 纵向监测线应延伸至滑坡后缘、前缘以外一定范围，应能反映滑坡的前缘、中部、后缘的变形特征；
- d) 横向监测线宜布设在滑坡中部至前缘剪出口之间，并向两侧延伸至滑坡边界以外一定范围；
- e) 监测点布设宜按表 5 确定，具体监测点数量应根据滑坡体的规模和特点确定；

表5 监测点的布设

监测级别	一级	二级	三级
监测线上监测点数量	点间距 10 m ~ 15 m，且滑坡体上的监测点不少于 6 个	点间距 15 m ~ 20 m，且滑坡体上的监测点不少于 4 个	点间距 20 m ~ 30 m，且滑坡体上的监测点不少于 3 个

- f) 对于滑坡地表裂缝发育区，应选取滑坡前缘鼓胀、后缘拉张、两侧剪切裂缝及公路建（构）筑物裂缝等特征裂缝布设裂缝监测点；
- g) 对于滑坡体发育鼓胀裂隙带、张拉裂隙带、剪切裂隙带等变形强烈或易发生变形的地段应加密布设监测点；
- h) 测标应安设在稳定的混凝土观测墩上，并安置强制对中设备，避开堆土区、河湖、山谷等阻碍观测地带及可能遭受较大震动和交通影响的区域。

8.2.4 公路崩塌监测网布设应符合下列要求：

- a) 监测线应穿过崩塌的不同变形地段或块体，每处崩塌带应至少设置一条纵向监测线；
- b) 监测线应以地表位移监测为主，在监测线经过的裂缝处布置裂缝位错监测及其他监测；
- c) 崩塌长度大于 30 m，纵向监测线间距宜为 15 m~30 m，必要时可设置横向监测线，横向监测线一般与纵向监测线相垂直；
- d) 纵向监测线的设置应沿崩塌的崩落方向或者垂直于崩塌主控结构面开裂的方向，宜结合工程地质调查（勘查）剖面、稳定性计算剖面布设。

8.2.5 公路地面沉降监测网布设应符合以下规定：

- a) 公路地面沉降变形监测剖面应平行和垂直于公路走向布置，至少有 1 条剖面应设在沉降区的中心部位，长度宜大于预计最大沉降范围；
- b) 监测点距应根据监测对象面积和监测等级均匀布设，地面沉降显著发育区、地下水开采区和人工工程建设活动密集区应适当加密监测点；
- c) 监测点应选择在地势平坦、坚实稳固、通视条件较好处，并应避开地下设施地段。

8.2.6 公路地面塌陷监测网布设应符合以下规定：

- a) 公路地面塌陷监测点布设范围应外延到地面塌陷影响区以外 50m；
- b) 公路地面塌陷的监测点应布置在变形速率大、塌陷坑边缘、重要建筑设施等地段；
- c) 公路地面塌陷地表变形监测线应平行和垂直于公路走向布置，至少有一条剖面应设在塌陷区的中心部位。

8.2.7 地裂缝监测网布设应符合以下规定：

- a) 应根据地裂缝活动程度，宜采用点、线、面相结合的方式，组成地裂缝监测网；
- b) 应选择活动性较强的地裂缝建设监测网，监测剖面宜垂直于地裂缝走向，且在地裂缝两侧影响带布设监测点；
- c) 地裂缝监测点应在地裂缝上下盘分别布设，间距应根据地裂缝上下盘影响宽度而定。每条地裂缝带上宜布设不少于 1 对监测点。

9 数据存储与解算分析

9.1 北斗监测系统的数据储存与解算分析应采用专业软件，并应具备实时数据采集、处理、分析和统一管理一体化等功能。

9.2 北斗监测系统的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三方面。相应存储应符合下列规定：

- a) 北斗原始数据存储格式为 RTCM3 格式文件，按照传输时间分类，以供后续查阅；
- b) 北斗解算数据存储包括解算参数存储、北斗基线解算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；解算基线向量为监测站接收机到基准站的向量在 ENU 坐标系下的坐标数值；基线向量改正量通过对首次稳定解算的基线向量进行差分得到；
 - 2) 解算参数存储在平台，由平台配置给每个项目；
 - 3) 解算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 区分存储。
- c) 北斗解算日志应记录每个时刻各个站点数据推送情况，包括实时解算情况及解算成功后解算数据推送情况。解算日志按照日期分别存储，每个文件存储一天中的解算日志。

9.3 北斗监测系统的数据处理应遵守下列规定：

- a) 解算数据选取的时间系统（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；
- b) 原始观测记录应数据完整、准确；采用电子记录方式时，数据存储应具有完整性，原始数据应备份；
- c) 北斗原始数据格式选用 RTCM3 格式存储，北斗数据解析采用 RINEX3.02 以上版本的格式存储，应符合 GB/T 27606 的规定；
- d) 北斗数据解析项目应包含卫星系统、信号波段、观测数据类型（伪距和载波）、信噪比。星历文件按照 RINEX3.03 格式解析；

- e) 使用的符号应标准、规范，注记应清晰。

9.4 北斗监测系统的数据解算，数据检查应遵守下列规定：

- a) 北斗原始数据包含足量的星历信息和观测量信息；
- b) 北斗数据解析应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；
- c) 北斗数据检查应检查原始数据连续性，是否存在周跳；
- d) 北斗数据解算后应分析解算质量，进行粗差剔除及进一步滤波平滑处理。

10 数据分析与成果报告

10.1 编制人员

数据分析和成果报告编制人员应具有岩土工程、结构工程、工程测量的综合知识和工程实践经验，具有较强的综合分析能力，能及时提供可靠的综合分析报告。

10.2 成果报告

10.2.1 监测成果报告应包括下列主要内容：监测设计方案、阶段性监测报告和监测总报告。

10.2.2 北斗监测设计方案，应包括下列主要内容：

- 监测目的、监测项目；
- 监测方法、监测点的平面布置；
- 监测仪器设备与精度、监测周期和频率；
- 监测工作量、监测实施细则与信息反馈制度等。

10.2.3 阶段性监测报告，应包括下列主要内容：

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

10.2.4 监测总报告，应包括下列主要内容：

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

10.2.5 监测成果记录按照下列规定执行：

- a) 外业成果记录，应包括下列类型：
 - 1) 观测数据；

- 2) 测量手簿;
- 3) 其他记录, 例如偏心观测资料等。
- b) 观测记录项目, 包含以下主要内容:
 - 1) 观测数据 (原始观测数据和 RINEX 格式数据);
 - 2) 对应观测值的 GNSS 时间;
 - 3) 测站和接收机初始信息: 测站名、测站号、观测单元号、时段号、近似坐标及高程、天线及接收机型号和编号、天线高于天线高测量位置及方式、观测日期、采样间隔、卫星截至高度角。

附 录 A

(资料性)

典型公路地质灾害测点布置方式

- A.1 滑坡测点布置如图 A.1 所示。
- A.2 崩塌测点布置如图 A.2 所示。
- A.3 地面沉降、塌陷测点布置如图 A.3 所示。
- A.4 地裂缝测点布置如图 A.4 所示。

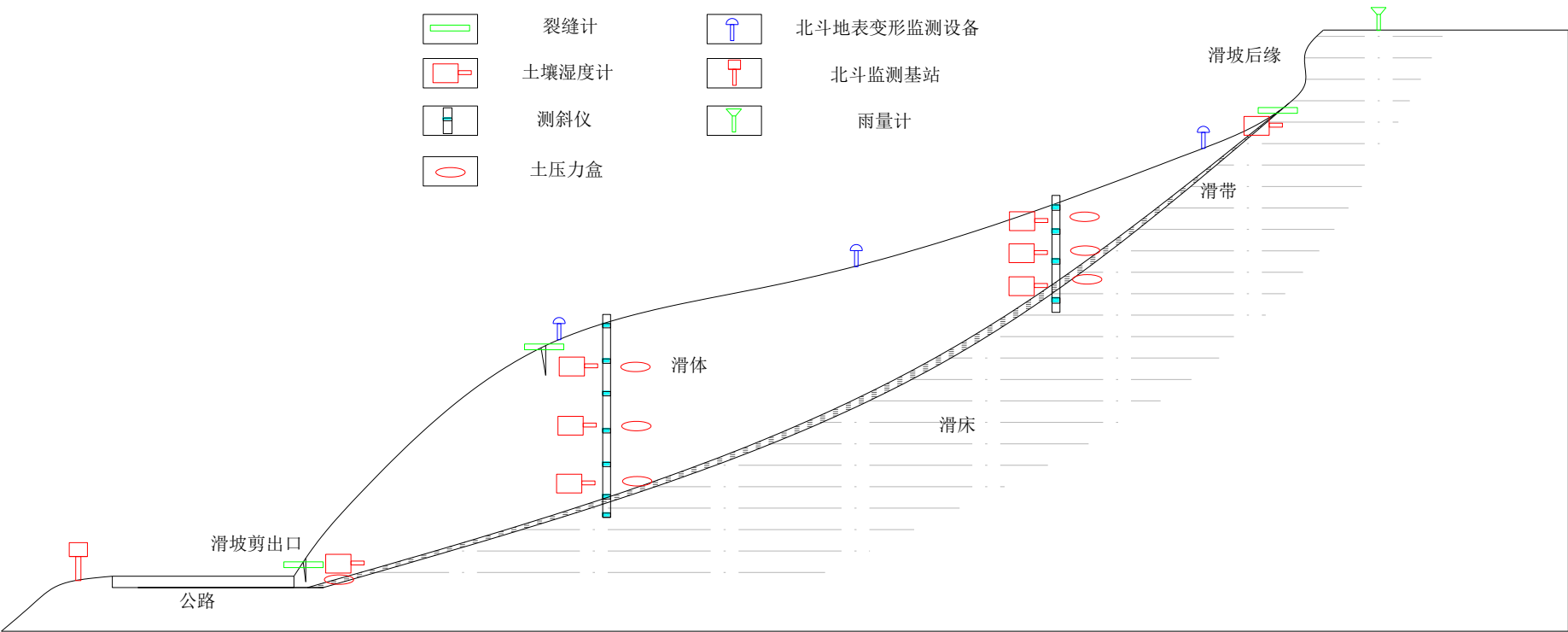


图 A.1 滑坡测点布置图

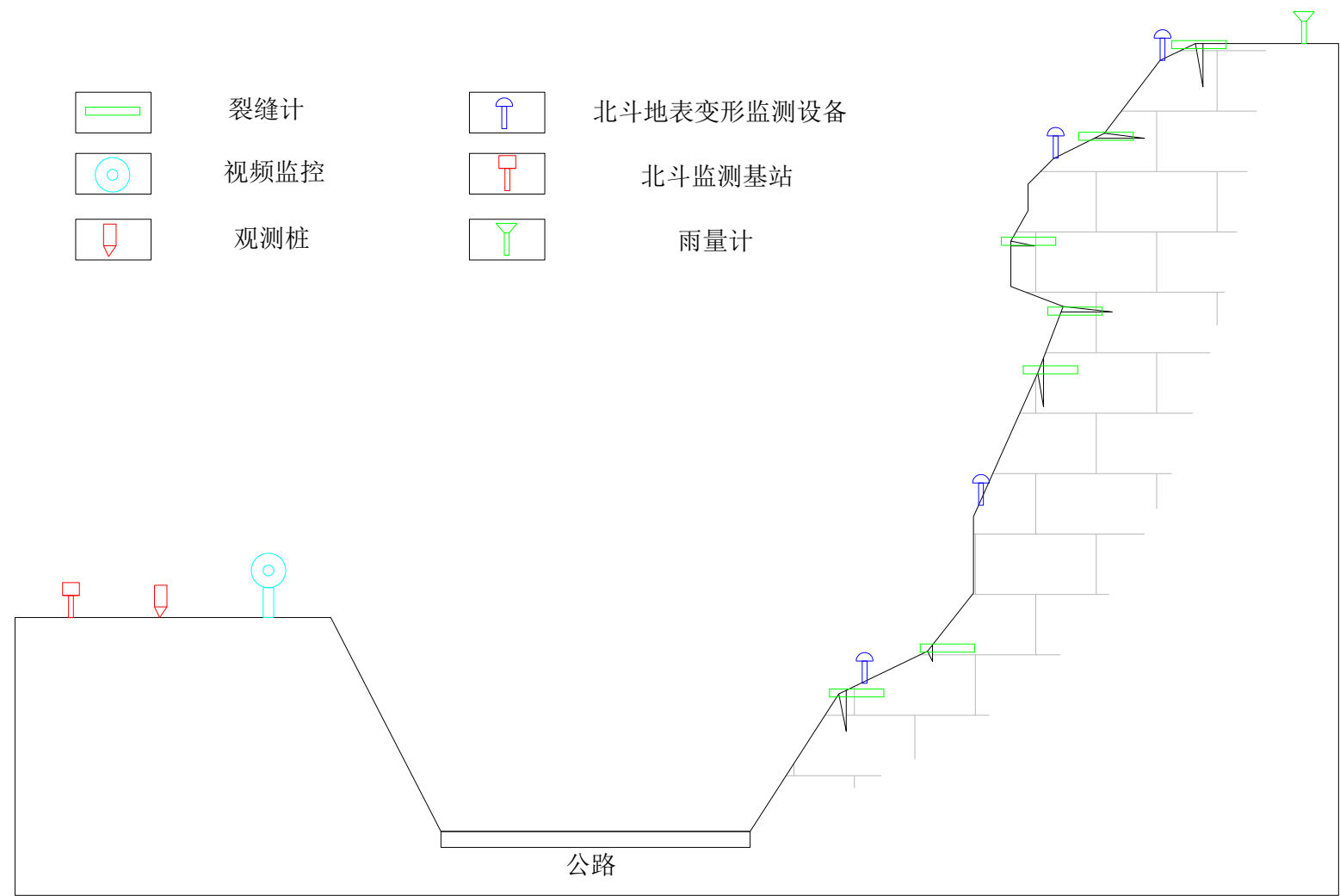


图 A.2 崩塌测点布置图

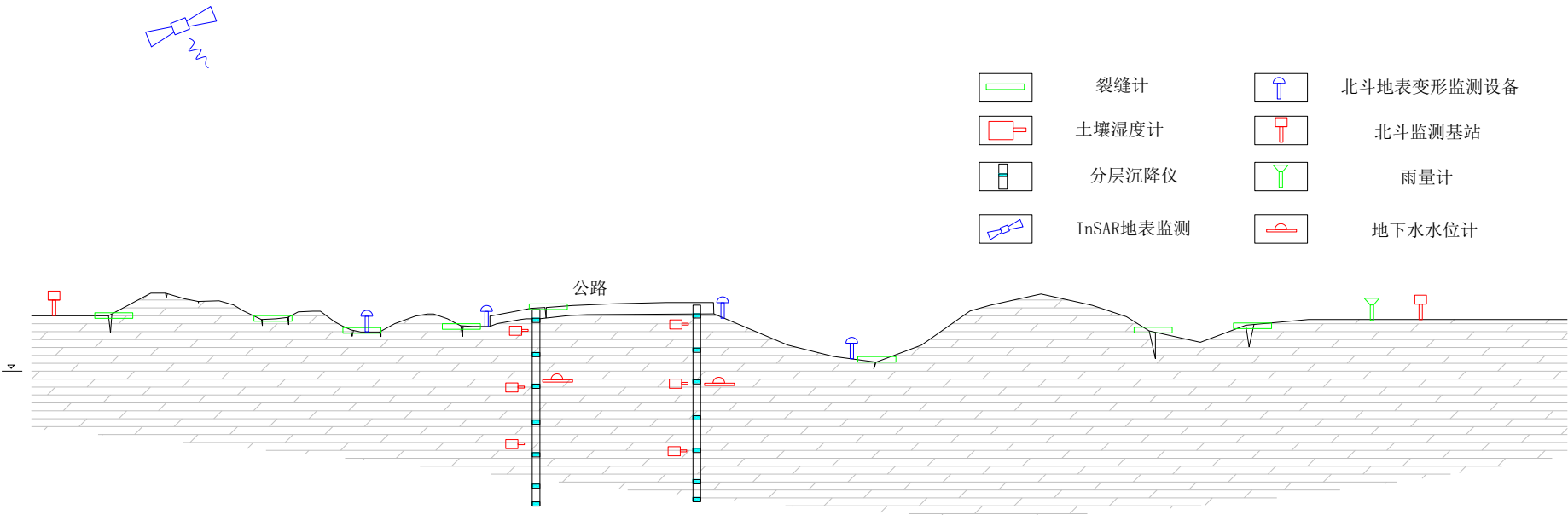
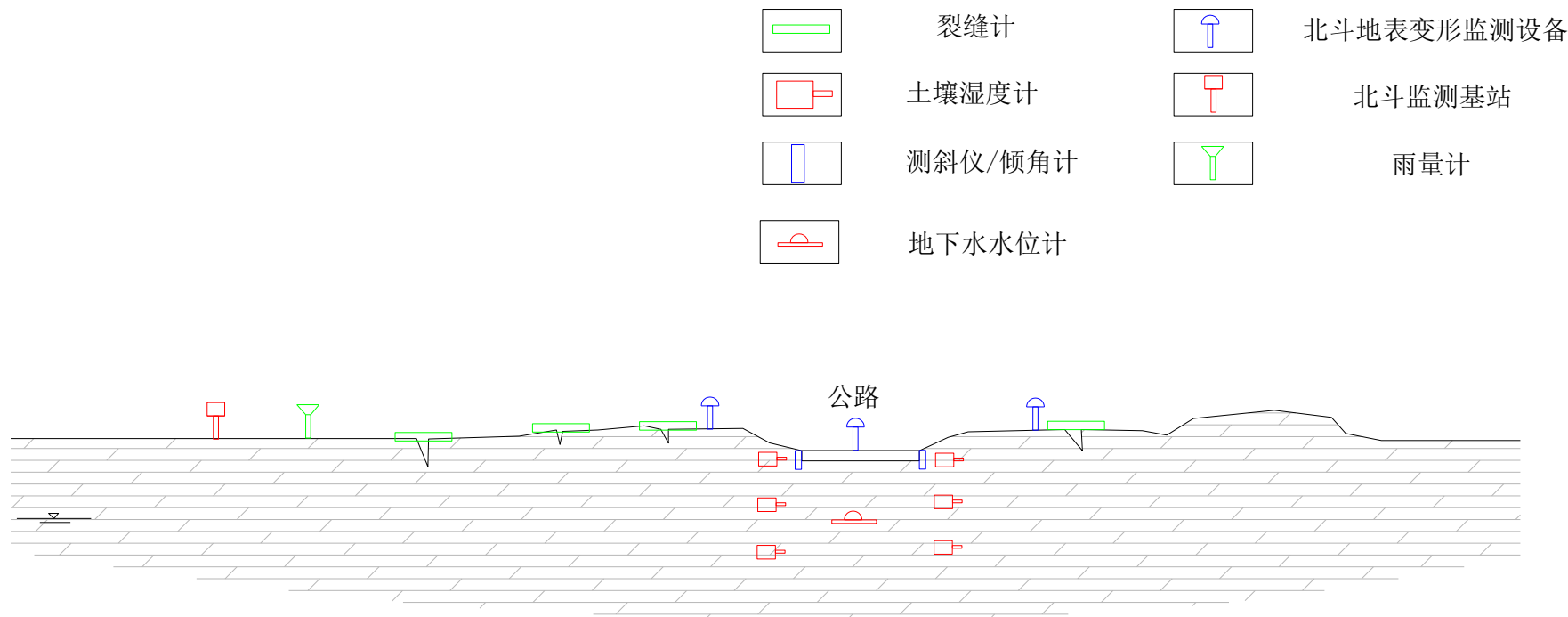


图 A.3 地面沉降、塌陷测点布置图



图A. 4 地裂缝测点布置图