

ICS 07.040
P 13
备案号: 69304-2020

DB11

北京市地方标准

DB11/T 1677—2019

地质灾害监测技术规范

Technical code for monitoring of geological hazards

2019 - 12 - 25 发布

2020 - 07 - 01 实施

北京市市场监督管理局 发布

目 次

前言.....	II
引言.....	III
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.....	3
5 崩塌监测.....	4
5.1 一般规定.....	4
5.2 监测要求.....	4
5.3 数据处理与分析.....	6
6 滑坡监测.....	6
6.1 一般规定.....	6
6.2 监测要求.....	8
6.3 数据处理与分析.....	11
7 泥石流监测.....	12
7.1 一般规定.....	12
7.2 监测要求.....	13
7.3 数据处理与分析.....	16
8 地面塌陷监测.....	17
8.1 一般规定.....	17
8.2 监测要求.....	18
8.3 数据处理与分析.....	19
9 地面沉降监测.....	20
9.1 一般规定.....	20
9.2 监测要求.....	20
9.3 数据处理与分析.....	22
10 地裂缝监测.....	23
10.1 一般规定.....	23
10.2 监测要求.....	24
10.3 数据处理与分析.....	25
11 数据整理与成果报告.....	26
附录 A（规范性附录） 监测技术方案编制大纲.....	28
附录 B（规范性附录） 地面塌陷监测网点布设.....	29

前 言

本规范依据 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本规范由北京市规划和自然资源委员会提出并归口。

本规范由北京市规划和自然资源委员会组织实施。

本规范起草单位：北京市勘察设计研究院有限公司、北京市地质研究所、北京市水文地质工程地质大队、北京市地质勘察技术院、中航勘察设计研究院有限公司、中兵勘察设计研究院有限公司、北京市道路与市政管线地下病害工程技术研究中心。

本规范主要起草人：周宏磊、陈昌彦、于秀治、贾三满、张长敏、罗勇、贾宏刚、陈爱新、刘长青、覃祖淼、李有明、王浩、王金明、彭有宝、张建坤。

引 言

为保证城乡建设及人民生命财产安全,规范北京市行政区域内地质灾害监测工作,为城市安全运行、地质灾害防治提供基础依据,制定本规范。

地质灾害监测技术规范

1 范围

本规范规定了地质灾害监测工作的基本规定、崩塌监测、滑坡监测、泥石流监测、地面塌陷监测、地面沉降监测、地裂缝监测、数据整理与成果报告。

本规范适用于崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降和地裂缝的专业技术监测和简易监测。

2 规范性引用文件

本规范内容引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范

GB/T 12898 国家三、四等水准测量规范

GB/T 12979 近景摄影测量规范

GB/T 18314 全球定位系统（GPS）测量规范

GB/T 21978 降雨量观测仪器

GB 50167 工程摄影测量规范

CJJ/T 8 城市测量规范

JGJ 8 建筑变形测量规范

SL 21 降雨量观测规范

JGJ/T 292 建筑工程施工现场视频监控技术规范

DZ/T 0133 地下水动态监测规程

DZ/T 0154 地面沉降水准测量规范

DZ/T 0283 地面沉降调查与监测规范

DB11/T 893 地质灾害危险性评估技术规范

3 术语和定义

3.1

专业技术监测 professional monitoring

通过专业仪器设备和技术，对地质灾害及其影响因素进行监控量测。

3.2

简易监测 simple monitoring

借助于普通的测量工具、仪器装置监测地质灾害、房屋或构筑物裂缝位移变化的监测方法。如拉线法、埋桩法、埋钉法、上漆法、贴片法等。

3.3

DB11/T 1677—2019

危害程度 hazard degree

地质灾害造成的人员伤亡和经济损失或者是威胁的人员数量和潜在的经济损失的程度。

3.4

自动化监测 automatic monitoring

利用专业仪器设备自动化采集和传输监测点信息的监测方式。

3.5

人工监测 manual monitoring

通过专业仪器设备，以人工形式采集监测点信息的监测方式。

3.6

变形监测 deformation monitoring

在一定时期内对地表和地下一定深度范围内岩土体与其上建（构）筑物的位移、沉降、隆起、倾斜等微观、宏观变形进行周期性的或实时的测量工作。

3.7

基准点 benchmark, reference point

为进行地质灾害监测而布设的稳定的、长期保存的测量点，是监测测量工作的基准和依据。

3.8

工作基点 working reference point

为便于现场变形监测作业而布设的相对稳定的水平位移或垂直位移测量点。

3.9

监测点 monitoring point

直接或间接设置于地质灾害影响范围内能反映其变化特征的观测点。

3.10

监测线 monitoring line

由不同的监测点组成的监测剖面线的简称。

3.11

监测网 monitoring grid

由基准点、工作基点、监测点和监测线组成，以监测各类地质灾害活动为目的而布设的监测网络。

3.12

基岩标 bedrock benchmark

埋设在稳定基岩上的水准点。

3.13

分层标 layerwise mark

埋设在不同深度松软土层或含水砂层等易压缩性地层中的水准观测标志。

3.14

InSAR角反射器 InSAR corner reflector

安装在地表用于反射干涉雷达波的装置。

4 基本规定

4.1 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。

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

4.3 现场调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及仪器设备安放位置，并进行拍照、录像或绘制素描图。

4.4 应根据地质灾害的类型和特点、地质背景与形成条件、工作区条件、地质灾害的稳定性、发展趋势及危害程度等因素，按照本规范附录 A 的要求编制地质灾害监测方案。

4.5 滑坡和泥石流监测级别宜根据危害程度、稳定状态、易发性等因素划分三级。其他灾害可不划分监测级别。

4.6 监测项目应根据地质灾害类型和变形特征、发育阶段、监测级别以及监测条件等因素，结合地质灾害预警和防治要求综合确定。

4.7 监测网的布设应满足下列要求：

- a) 监测网应能覆盖地质灾害影响范围及周边环境，并兼顾危害对象的分布情况；
- b) 利用已有的相关监测网及资料，避免重复建设；
- c) 各类监测项目的监测点宜布设在主监测线上；
- d) 监测标志与固定式监测仪器应稳固、明显、结构合理；
- e) 监测点被破坏后应重新布设。

4.8 监测频率和精度应根据监测级别、地质灾害发育阶段、地质环境条件等因素确定，确保监测数据的连续性和准确性。监测周期应根据地质灾害类型、特征、发展趋势以及监测目的与要求综合确定。

4.9 监测仪器、设备的选型应能满足监测精度及监测频率要求，适应环境条件，便于维护。

4.10 监测仪器设备安装应满足稳定、可测和具有施工条件等要求，监测点位应具备较好的人机可达性和基础施工条件。

4.11 采用自动化监测应采取完整、稳定、安全的数据传输方式，宜采用不少于两种数据传输方式。

4.12 应采取保护措施保护监测桩（标）、墩、孔、井、太阳能板、通信电缆等设备设施，定期对监测设备设施进行检查与维护。对仪器设备应按相关要求标定检定。

4.13 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。

4.14 地质灾害监测的观测记录、计算资料和技术成果应进行组卷、归档。

4.15 地质灾害监测宜采用新技术、新方法、新仪器等，应满足地质灾害监测工作技术要求。

5 崩塌监测

5.1 一般规定

5.1.1 根据崩塌的地质环境特征、稳定状态以及监测目的，崩塌监测宜采用专业技术监测和简易监测相结合的方式。

5.1.2 崩塌监测前应搜集资料并现场调查，其相关内容除应符合本规范 3.0.3 条规定外，尚应确定崩塌类型、控制性结构面产状、崩塌威胁对象及影响范围，判断其稳定状态等，以确定崩塌监测技术方案。

5.1.3 崩塌应进行地表位移、裂缝位错和降雨量的监测，还可选择多形态、运动轨迹和运动参数等项目进行监测。

5.1.4 监测方法应根据监测项目、场地环境条件及施测方式等按表 1 确定。

表1 崩塌监测方法

监测项目	监测方法
地表位移	常规大地测量法
	近景摄影测量法
	三维激光扫描测量法
裂缝位错	简易测缝法
	裂缝计测量法
多形态	多形态崩塌智能监测法
运动轨迹和运动参数	视频监控法
降雨量	雨量计法

5.2 监测要求

5.2.1 监测网应能控制崩塌整体变形和各块体差异变形，宜兼顾监测外围地质体、崩塌底座及底部斜坡变形。

5.2.2 监测基准点和工作基点位置确定应符合下列要求：

- 基准点应选择在崩塌影响范围以外的稳定岩土体上；
- 监测区域应布设不少于3个基准点；
- 工作基点宜选择在稳定的岩土体上；
- 工作基点应与基准点构成满足精度要求的监测网形；
- 基准点和工作基点应选在视线开阔地区，便于联测；
- 基准点和工作基点应填写点之记。

5.2.3 崩塌监测线的布设应符合下列要求：

- 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；
- 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；
- 崩塌长度大于30m，纵向监测线间距宜为15m~30m，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；
- 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。

5.2.4 崩塌监测点的布设应符合下列要求：

- a) 地表位移监测点应主要布设在崩塌体上；
- b) 裂缝监测点应安设在裂缝两侧，且宜布设在裂缝较宽或位错速率较大部位；
- c) 多形态监测点应安设在崩塌体表面；
- d) 监测运动轨迹和运动参数的视频监控摄像机应安放在崩塌影响范围以外；
- e) 雨量监测点宜布设在崩塌影响范围以外地势较高且稳定的地段。

5.2.5 崩塌监测点位置应根据以下因素确定：

- a) 变形速率较大或不稳定块段与起始变形块段；
- b) 对崩塌稳定性起关键作用块段；
- c) 控制崩塌变形的裂缝、岩性明显差异的部位；
- d) 其他变形明显部位。

5.2.6 监测任意方向的水平位移时可采用极坐标法、前方交会法和自由设站法等；监测特定方向上的水平位移时可采用视准线法、小角度法等；崩塌垂直位移可采用水准测量法、三角高程测量等方法测定，相关技术要求应符合 JGJ 8 的规定。

5.2.7 采用近景摄影测量方法进行监测，应符合下列要求：

- a) 监测距离宜小于300m；
- b) 摄影方式可采用正直摄影、交向摄影、多基线摄影等方式，应能确定崩塌的几何形态、位置及裂缝尺寸等特征；
- c) 测量精度、物方控制、数据获取、数据处理等应符合GB 50167及GB/T 12979的规定。

5.2.8 采用三维激光扫描技术监测崩塌多形态变形特征，相关技术要求应符合 GB 50167 和 JGJ 8 的规定。

5.2.9 裂缝位错监测宜采用裂缝计测量法和简易测缝法，并应符合下列要求：

- a) 裂缝计宜跨越主裂缝，裂缝计安装应规范、有效，数据传输宜采用GPRS+北斗的双通道模式；
- b) 简易测缝法监测点宜设置在崩塌后缘裂缝处并垂直裂缝布设，采用钢卷尺、游标卡尺等量测裂缝的发展变化。

5.2.10 采用视频监控技术，应能够连续、实时监控崩塌动态特征、捕捉崩塌坠落姿态，相关技术要求应符合 JGJ/T 292 的规定。

5.2.11 为获取崩塌的多方向位移、运动姿态和坠落数据，宜采用基于微纳技术的三维运动姿态测量系统进行多形态监测。

5.2.12 降雨量应采用自动化监测，并应符合下列要求：

- a) 采集信息：雨量、采集时间、上传时间、传输方式、蓄电池实时电压、环境温度、信号强度等；
- b) 监测频率：降雨时不低于1次/5min；无雨时不低于1次/2h；
- c) 数据传输方式：宜采用GPRS和北斗双通道传输模式；
- d) 供电要求：在无日照情况5min传输频率下，满足单一GPRS传输方式至少连续正常使用15天，单一北斗传输方式至少连续正常使用7天；
- e) 仪器的技术参数、仪器与安装环境应满足GB/T 21978的要求。

DB11/T 1677—2019

5.2.13 崩塌监测频率的确定应综合考虑危害对象、稳定状态、自然条件等因素，并能系统反映所监测项目的重要变化过程及变化时刻。崩塌监测频率应符合下列要求：

- a) 采用自动化监测时应实时连续监测；
- b) 处于不稳定状态的崩塌，监测频率应每天不低于1次；
- c) 处于欠稳定状态的崩塌，监测频率应每周不低于1次；
- d) 汛期、冻融期应加密监测，出现不稳定状况时，宜数小时1次。

5.2.14 崩塌监测精度应符合下列要求：

- a) 水平位移监测点坐标中误差不超过3.0mm；垂直位移监测点测站高程中误差不超过1.5mm；
- b) 裂缝位错监测精度，对于裂缝计法监测精度不低于0.2mm，对于简易测缝法监测精度不低于0.5mm；
- c) 降雨量监测精度不低于0.1mm。

5.3 数据处理与分析

5.3.1 对于采用三角形网法、极坐标法、交会法、水准测量法、三角高程法等测量方法获取的位移监测数据，应编制累计位移矢量图，水平和垂直位移量叠加在一起的综合分析图，位移历时曲线图等。

5.3.2 近景摄影测量监测数据的整理与分析除应符合 GB 50167 及 GB/T 12979 的相关规定外，尚应根据不同期次摄影测量获取的崩塌特征点的二维或三维坐标，计算并分析崩塌的位移量、位移速率和变形方向。

5.3.3 三维激光扫描监测数据的整理与分析除应符合 GB 50167 和 JGJ 8 的相关规定外，尚应按点、线、面的变形分析数据，对崩塌的整体、重要分区、重点部位等位移变形量、变形速率、变形方向进行综合评价。

5.3.4 视频监控数据应有效存档。通过目标检测分析，确定崩塌的位置、运动方向、速度。通过目标跟踪分析，记录并分析崩塌体的运动轨迹和运动参数。

5.3.5 多形态监测数据的整理，应编制崩塌水平位移、垂直位移矢量图、崩塌体运动轨迹图等。

5.3.6 对降雨量数据分析整理应编制年、月降雨量直方图、降雨历时曲线图及不同雨强直方图等。

5.3.7 应根据各项监测成果，综合分析崩塌的变形特征，提交阶段监测成果和总结报告。

6 滑坡监测

6.1 一般规定

6.1.1 根据滑坡体的地质环境特征、稳定状态以及监测目的等，滑坡监测应采用专业技术监测和简易监测相结合的方式。

6.1.2 滑坡监测应在搜集资料及现场调查的基础上编制监测方案，搜集资料及现场调查除应符合本规范 3.0.3 条规定外，尚应满足下列要求：

- a) 分析滑坡边界、变形特征、规模、主要诱发因素与影响因素等，确定其发育阶段和稳定状态；
- b) 搜集能满足监测工作的地形图、地质图和典型的剖面图、附近建设规划图。

6.1.3 滑坡监测级别应根据滑坡的危害程度、稳定状态按表 2 确定。

表2 滑坡监测分级

稳定状态	危害程度		
	严重	中等	轻微
不稳定	一级	一级	二级
欠稳定	一级	二级	三级
基本稳定、稳定	二级	三级	三级

6.1.4 不同监测级别的滑坡监测项目应按表3确定。

表3 滑坡监测项目

监测项目	监测级别		
	一级	二级	三级
地表垂直位移	●	●	●
地表水平位移	●	●	●
深部位移	●	●	◎
裂缝变形	●	●	●
建（构）筑物变形	●	●	●
土壤含水率	●	◎	◎
降雨量	●	◎	◎
地下水水位	●	◎	◎
孔隙水压力	◎	◎	◎

注：表中符号●表示应监测；◎表示宜监测

6.1.5 滑坡监测方法应根据监测项目、监测精度和方法适用性等因素，按表4确定，并宜采用多种方法组合监测。

表4 滑坡监测方法

监测项目	监测方法
地表位移	三角网法、极坐标法、交会法、水准测量、三角高程测量法等
	GNSS 测量法
	三维激光扫描测量法
地表裂缝	地表裂缝计测量法
	简易监测法
深部位移	钻孔测斜仪法
土壤含水率	土壤含水率监测仪法
降雨量	雨量计法
地下水水位	水位计法

6.1.6 在监测过程中发现滑坡体局部变形异常，应现场动态调整监测项目与监测频率。

6.2 监测要求

6.2.1 监测网应覆盖滑坡体及滑坡边界以外一定范围，并能监测滑坡体变形的整体变化趋势。

6.2.2 监测网由基准点、工作基点和地表位移监测点、深部位移监测点及环境因素监测点组成，应根据滑坡规模、地形地质条件、变形特征、影响范围、监测级别、通视条件和施测要求进行布设。

6.2.3 监测基准点和工作基点的布设应满足下列要求：

- a) 基准点应布置在远离滑坡体以外稳定的岩土上，且视线开阔、便于区域联测；
- b) 监测区域应布设不少于3个基准点，对于规模较大、监测条件较复杂或重要地区应增设基准点；
- c) 工作基点应安设稳定、便于与监测点联测，且与基准点构成合理的网形。

6.2.4 使用 GNSS 方法进行监测，基准点应满足下列要求：

- a) 通视条件好，便于安置接收设备及开展其他测量；
- b) 视场内障碍物的高度角不宜超过 15° ；
- c) 离电视台、电台、微波站等大功率无线电发射源的距离不应小于200m，离高压输电线和微波无线电信号传输通道的距离不应小于50m，附近不应有强烈的反射卫星信号的大面积水域、大型建筑及热源等。

6.2.5 监测网形可根据滑坡规模、形状和变形特征、致灾条件和监测环境等因素确定，当滑坡主滑方向和边界明确时，监测网可布设成十字形或方格形；当滑动方向和边界不明确时，监测网宜布设呈放射网形或采用多种网形。

6.2.6 地表监测线（点）应根据滑坡的形态及变形特征、通视条件进行布设，并应符合下列要求：

- 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20m~30m；
- 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) 监测点布置宜按表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 监测点的布置

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

6.2.7 深部位移监测点布置应考虑滑坡变形特点、监测目的等因素，与地表水平位移监测点相结合布设，并应符合下列要求：

- a) 在滑坡体的前缘、中部、后缘等位移变化大的位置应布设深部位移监测点，且至少各布置1个；
- b) 当查明滑坡潜在滑动面时，应在滑坡主滑方向上布设深部位移监测点，监测点数量不少于3个；
- c) 当监测滑坡变形发展趋势时，监测点应布设于滑坡变形明显、变形特征不同的滑坡单元区段；
- d) 宜采用钻孔方式安设，钻孔应进入潜在的滑动面以下稳定岩土层。

6.2.8 环境因素监测点布置应符合下列要求：

- a) 地下水监测点布置应与水文地质单元相结合，宜沿主滑方向对应的监测线布设，优先考虑与深部位移监测点同点布设；
- b) 降雨量监测点应布设在滑坡体外围地势较高、相对开阔位置。

6.2.9 在满足精度要求的前提下，地表变形监测宜选择经济实用的监测方法。

6.2.10 采用三角网法、极坐标法、交会法、水准测量法、三角高程测量法等常规测量方法开展地表位移监测，应符合 JGJ 8 的规定。

6.2.11 采用 GNSS 测量方法，应满足 GB/T 18314 的规定，并应符合下列要求：

- a) 应设立固定参考站作为变形监测的基准点；
- b) 参考站应设立在变形区之外或受变形影响较小的地势较高区域。

6.2.12 采用全站仪自动监测系统监测滑坡地表变形应符合下列要求：

- a) 测站应设立在基准点或工作基点上，并采用有强制对中装置的观测台或观测墩，测站视野应开阔无遮挡，周围应设立安全警示标志，同时具有防水、防尘设施；
- b) 滑坡体上的变形监测点宜采用观测棱镜；
- c) 采用自动化监测模式时，作业前应将自动观测成果与人工测量成果进行比对，确保自动观测成果无误后，方可进行自动化监测；
- d) 数据处理软件应具有自动检核观测数据、自动处理超限数据和自动重测不合格数据等功能；观测目标被遮挡时，可自动延时观测处理和变形数据自动处理、分析、预报和预警等功能。

6.2.13 采用三维激光扫描仪监测滑坡地表变形，应符合下列要求：

DB11/T 1677—2019

- a) 参考点的数量不应少于4个，并均匀分布于滑坡体影响范围以外，参考点的坐标应采用全站仪进行测定；
- b) 参考点和监测点应设置标靶，并应采用三维激光扫描仪配套的标靶；
- c) 扫描获取的数据应及时导入计算机中，应检查标靶数据的完整性、可用性，当某测站标靶数据不完整、不能识别，或者识别的坐标点明显偏离靶心时，应重测该测站。

6.2.14 滑坡地表裂缝变形监测应符合下列要求：

- a) 采用全站仪进行裂缝收敛观测时，宜在裂缝两侧埋设固定棱镜、专用反光片或刻十字丝的金属标志；对于人工无法接近或比较危险的裂缝位置，可采用记录裂缝两侧固定特征点作为监测标志；
- b) 可采用精密钢尺量测裂缝的水平位移，采用水准测量的方法测得裂缝垂直位移；
- c) 裂缝监测点应跨越裂缝，可布置成单向、双向或三向形式。

6.2.15 滑坡深部水平位移宜采用钻孔测斜仪进行监测，也可采用滑动测微设备、钻孔位移计或其他满足精度要求的方法。

6.2.16 采用钻孔测斜仪监测滑坡深部水平位移，应符合下列要求：

- a) 在竖直钻孔中预埋测斜管，测斜管终孔应穿过滑带，嵌入滑床一定深度，作为位移计算的起算点，测斜管的一组导槽应与滑坡的主滑方向一致，允许偏差不大于 5° ；
- b) 测斜管与钻孔之间的空隙应注浆填满，将测斜管固定在钻孔中，不能出现晃动和转动；
- c) 测量时测斜仪探头置入测斜管底后，待探头接近管内温度，再由管底自下而上沿导槽逐段量测，每个监测点均应正、反方向量测两次，两次测值的绝对值之差不宜大于 $0.05\%F \cdot S$ ，取其平均值为本次测值；
- d) 测斜管埋好位置后，宜测量管口初始坐标和高程，并通过监测过程中测量管口坐标和高程校核测斜数据。

6.2.17 采用滑动测微设备、钻孔位移计进行深部水平位移监测，宜在水平钻孔中预埋测管或位移计，也可在与水平面成一定倾角的钻孔中预埋，并根据相应的倾斜角度换算为水平位移。

6.2.18 土壤含水率监测应采用含水率监测仪监测，含水率监测仪埋设位置、深度应根据滑坡的地层结构、成因机制及演化模式和监测目的等综合确定，数量不应少于3个。

6.2.19 降雨量监测应采用翻斗雨量计进行连续监测，相关要求按本规范4.2.12条执行。

6.2.20 滑坡地表水动态监测应符合下列要求：

- a) 监测点布设于地表水、地下水有水力联系、滑坡变形活动强烈的部位；
- b) 可采用水位标尺、水位自动记录仪、流速仪和自动记录流速仪、流量堰等监测地表水动态；
- c) 分析评价地表水动态变化与滑坡地下水的关系、滑坡变形活动的相关性。

6.2.21 滑坡地下水动态监测包括滑坡范围内钻孔或泉水的水位、水压、水量、水温等的动态变化，应符合下列要求：

- a) 地下水动态监测点应根据滑坡体水文地质条件及滑坡体变形特征布设，并与监测线相一致，应布设在孔隙水压力或水位典型变化、变形较大的位置；
- b) 对于监测级别为一级和二级的滑坡，在滑坡体内每个水文地质单元应布设监测点不少于3个，滑坡体外侧监测点不少于2个，监测级别为三级滑坡可视具体需要确定；

- c) 分析其补给、径流、排泄及其与地表水、大气降水的关系，评价地下水变化与滑坡变形、稳定状态的相关性。

6.2.22 滑坡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，并能反映所监测滑坡体重要变化过程及典型变化阶段，监测频率的确定应符合下列要求：

- a) 自动化监测应连续；
 b) 人工监测频率应根据滑坡的稳定状态确定，对处于不稳定状态的滑体，应每天不少于1次；
 c) 在汛期、冻融期应加密监测；
 d) 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) 滑坡及周边大量积水、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) 坡体裂缝异常变化、前缘地下水变浑浊或水位快速变化；
 5) 其他影响滑坡及周边环境安全的异常情况。

6.2.23 监测精度应根据监测级别、监测项目、变形速率、监测方法等因素按表6确定。

表6 滑坡监测精度

监测项目	监测级别		
	一级	二级	三级
水平位移	中误差 3.0mm	中误差 5.0mm	中误差 10.0mm
垂直位移	中误差 1.5mm	中误差 3.0mm	中误差 5.0mm
裂缝计法测地表裂缝	0.2mm		
测斜仪法监测深部位移	仪器系统精度不宜低于 4mm/15m，分辨率不宜低于 0.02mm/500mm		
地下水水位	5.0mm		
降雨量	0.1mm		

6.2.24 简易监测应符合下列要求：

- a) 简易监测点宜布设在滑坡体前缘、后缘现状裂缝处及滑坡体上的建（构）筑物结构的变形裂缝处；
 b) 可采用埋桩法、埋钉法、贴水泥浆片或纸片法监测滑坡体裂缝或滑坡体上建筑物结构裂缝的变形趋势；
 c) 监测频率可根据滑坡发育阶段、变形速率以及气象条件等确定，非汛期阶段一般为10天~15天1次，雨后增加观测频率；汛期阶段一般为每5天监测1次，如监测数据异常变化或在暴雨、连续降雨天气时，特别是12小时降雨量达50mm以上时，应加密监测次数，每天不少于1次；
 d) 裂缝简易监测精度不低于0.5mm。

6.3 数据处理与分析

6.3.1 滑坡监测数据处理应符合下列要求：

- a) 滑坡监测数据原始资料应准确和具有代表性；
 b) 监测数据的处理与信息反馈应采用专业软件，并宜具备数据采集、处理、分析和信息管理一体化等功能。

6.3.2 滑坡监测数据分析应符合下列要求：

- a) 对绝对位移监测资料应编制水平位移、垂直位移矢量图及累计水平位移、垂直位移矢量图，编制绝对位移（或变化速率）-时间曲线图；
- b) 对于相对位移，编制相对位移（或变化速率）-时间曲线图；编制不同时间测斜位移随深度变化的曲线；
- c) 对地下水监测应编制地下水水位（或变化速率）-时间曲线图；
- d) 对降雨量监测应编制降雨量-时间曲线图；
- e) 通过水平位移变化情况反演滑坡的主滑方向，通过垂直位移反演滑动面类型。

6.3.3 简易监测数据资料整理应符合下列要求：

- a) 对裂缝宽度监测应编制裂缝宽度（或变化速率）-时间曲线图；
- b) 对埋桩法、埋钉法监测应编制桩（钉）间距（或变化速率）-时间曲线图。

6.3.4 监测报告应包括：自然地理与地质概况；滑坡特征与成因；变形或活动动态特征和发展趋势；结论和建议。报告应附有监测点网布置图以及各种监测资料分析图和数据表等。

6.3.5 应根据各项监测成果，综合分析滑坡的活动特征和发展趋势，提交阶段监测成果和总结报告。

7 泥石流监测

7.1 一般规定

7.1.1 泥石流监测应在搜集资料及现场调查的基础上编制监测方案，搜集资料及现场调查除应符合本规范 3.0.3 条规定外，并应满足下列要求：

- a) 应搜集地质调查、测绘、勘查等资料，能够反映泥石流沟谷的基本特征和危害对象、危害形式和危害程度等内容；
- b) 分析泥石流的形成条件、不良地质现象的发育情况、物源类型、分布情况、储量、汇水条件等致灾因素；
- c) 应有不小于1:10000比例尺的全流域地形图。

7.1.2 泥石流监测级别应根据易发性、危害程度，按表 7 划分为三级。有关泥石流易发性及危害程度评价参照 DB11/T 893 确定。

表7 泥石流监测分级

易发性	危险程度		
	重	中	轻
高易发	一级	一级	二级
中易发	一级	二级	三级
低易发	二级	二级	三级

7.1.3 不同监测级别的泥石流监测项目应符合表 8 的要求。

表8 泥石流监测项目

监测项目	监测级别		
	一级	二级	三级
降雨量	●	●	●
次声	●	●	●
泥位	●	●	●
流速	●	●	◎
土壤含水率	●	◎	○
重度和粘度	●	◎	○
视频	●	◎	○
物源条件变化	◎	◎	○

注：表中符号●表示应测；◎表示宜测；○表示可测

7.1.4 监测方法应根据监测项目、场地环境条件等按表9确定。

表9 泥石流监测方法

监测项目	监测仪器或监测方法
降雨量	雨量计
次声	次声报警器
泥位	泥位计
流速	测速仪
重度和粘度	采样器、粘度计、电子秤
土壤含水率	土壤含水率监测仪
视频	视频监测系统
物源变化	遥感方法

7.1.5 泥石流运动特征监测点和视频监测点布置，应根据下游居民点、重要设施、保护区撤离等防灾减灾所需提前报警的时间和泥石流运动速度确定。监测断面距防护点的距离可按式(1)估算。

$$L^3 \geq t^3 v_c \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- L —监测断面距防护点的距离 (m)；
 t —需提前报警的时间 (s)；
 v_c —泥石流流速 (m/s)。

7.2 监测要求

7.2.1 泥石流监测网点布置应覆盖泥石流沟形成区、流通区和堆积区整个沟域，应符合下列要求：

- 气象水文条件、物源变化等形成条件监测点宜布置在形成区；
- 流动动态要素、动力要素和输移冲淤等运动特征监测点宜布置在流通区；
- 泥石流流体物质组成及其物理性质等流体特征监测点宜布置在流通区和堆积区。

7.2.2 泥石流监测点的布设应结合监测级别、沟道特征等因素按表10确定。

表10 泥石流监测点、断面布设

监测级别	监测项目	监测仪器或监测方法	监测点或断面要求
一级	降雨量	自动雨量计	监测点 ≥ 3 个
	次声	次声报警器	监测点 ≥ 3 个
	泥位	泥位计	监测断面 ≥ 3 个
	流速	测速仪	监测断面 ≥ 3 个
	重度和粘度	采样器、粘度计、电子秤	监测断面 ≥ 3 个
	土壤含水率	土壤含水率监测仪	监测点3个~5个,各监测点竖向采集点为3个~5个
	视频	视频监测系统	监测点1个~2个
	物源变化	遥感监测	全流域
二级	降雨量	自动雨量计	监测点 ≥ 2 个
	次声	次声报警器	监测点 ≥ 2 个
	泥位	泥位计	监测断面 ≥ 1 个
	流速	测速仪	监测断面 ≥ 1 个
	重度和粘度	采样器、粘度计、电子秤	监测断面0~2个
	土壤含水率	土壤含水率监测仪	监测点0~2个
	视频	视频监测系统	监测点0~1个
	物源变化	遥感监测	全流域
三级	降雨量	自动雨量计	监测点 ≥ 1 个
	次声	次声报警器	监测点 ≥ 1 个
	泥位	泥位计	监测断面 ≥ 1 个
	流速	测速仪	监测断面0~1个

7.2.3 降雨量监测应符合下列要求:

- a) 应采用自动雨量计监测降雨量;
- b) 泥石流沟雨量监测点重点布设在形成区,布设位置应选择在泥石流沟两岸地势较高处的稳定平台上;
- c) 仪器与安装环境应符合GB/T 21978要求;
- d) 数据采集频率:降雨时不低于1次/5min;无雨时不低于1次/2h。

7.2.4 次声监测应符合下列要求:

- a) 次声监测装置包括次声监测仪和语音报警,仪器主要技术参数一般应满足以下要求:
 - 1) 次声范围:声压 0.1Pa~100Pa,带宽3Hz~15Hz;
 - 2) 本底噪声不高于16dB;
 - 3) 声压测量误差不大于 ± 2 Pa;
 - 4) 灵敏度为50mV/Pa。
- b) 监测点一般布置在支沟的沟口和主沟的中下游或沟口,与流域内泥石流通道或形成区有较好的通视条件;
- c) 数据采集频率:当达到设定声压阈值时不少于1次/min,未达到设定声压阈值时不少于1次/2h。

7.2.5 泥(水)位监测应符合下列要求:

- a) 泥（水）位可采用超声波泥位计或激光泥位计监测，泥位计参数应满足以下要求：
- 1) 测量范围为1m~30m；
 - 2) 测量误差±5cm；
 - 3) 泥位传感器分辨率为1mm；
 - 4) 精度为0.3%×最大量程；
 - 5) 测量频率：不高于4次/s。
- b) 泥位监测点一般应布设在泥石流通道流通区的中下部；
- c) 探头应稳固安装在固定支架上，其正下方不能有障碍物；
- d) 数据采集频率：当达到设定变化值的阈值时，不少于1次/min，未达到阈值时不少于1次/2h。
- 7.2.6 流速监测可采用雷达测速、激光测速或测速浮标等方法，应符合下列要求：**
- a) 监测仪器主要技术参数应满足以下要求：
- 1) 测量范围：0.15m/s~20m/s；
 - 2) 测量误差：±1%；
 - 3) 分辨率：1mm/s；
 - 4) 可测流速的最小水深：10cm；
 - 5) 水面距离：0.5m~35m。
- b) 测速点布设在泥石流沟的流通区中能反映泥石流的流动特征的断面；
- c) 数据采集频率：降雨时不少于1次/min，无雨时不少于1次/2h。
- 7.2.7 泥石流流体重度、粘度特征的取样监测应符合下列要求：**
- a) 取样点宜与泥石流流速监测点或泥（水）位监测点相互结合布设；
- b) 采用悬挂在横跨沟床断面缆道上的取样器采集动态样品，样品规格和数量应满足泥石流特征参数的要求；
- c) 采用粘度计、比重计、流塑限仪、密度仪、砂浆流变仪等测试有关参数。
- 7.2.8 土壤含水率监测应符合下列要求：**
- a) 土壤含水率一般采用土壤含水率传感器监测，直接测量时测量误差为±2%，以被测土壤进行校正时测量误差为±0.5%；
- b) 监测点主要布置在泥石流形成区或流通区松散物质厚度较大的区域。土壤含水率测试点应接近沟底，测试点处地表径流应具有代表性；
- c) 根据地层岩性、地层结构和物理力学性质，确定传感器的埋设位置和深度，传感器数量一般不少于3个；
- d) 传感器埋设前，应取得监测点的地层岩性和土层物理力学性质资料；
- e) 当达到设定土壤含水率阈值后，数据采集不少于1次/5min，未达到时不少于1次/h。
- 7.2.9 视频监测应符合下列要求：**
- a) 视频监测摄像设备宜布置在沟谷出口附近的高地上，能全方位监控泥石流及其危害对象情况；
- b) 宜采用夜视红外摄像设备全天候连续监测；
- c) 视频数据应采用高速光纤传输通道，保证传输图形的流畅和清晰。
- 7.2.10 物源变化可采用遥感方法监测，应符合下列要求：**
- a) 遥感图像应覆盖整个泥石流流域；

DB11/T 1677—2019

- b) 遥感数据应选用地面分辨率优于1 m的遥感数据;
- c) 解译时应结合孕灾地质背景资料,在原始分辨率影像上,确定物源条件、沟域特征等的变化;
- d) 遥感监测频率不低于1次/年。

7.3 数据处理与分析

7.3.1 降雨量数据分析整理应符合下列规定:

- a) 降雨量单位为mm,精度为0.1mm;
- b) 实时计算降雨过程中的10min、1h、24h降水强度,编制降雨历时曲线图;10min、1h降水强度从一场雨降雨开始计时,24h降水强度从当日8时起到次日8时止的降雨量累计值;
- c) 应计算一场雨降雨前3d、7d、15d的累计降雨量;
- d) 计算月累计降雨量,计算10min、1h、24h降雨量的算数平均值、最大值、最小值,编制10min、1h、24h降雨量等值线图;
- e) 计算年累计降雨量,计算月算数平均值、最大值、最小值,编制年、月降雨量等值线图。

7.3.2 土壤含水率监测资料分析整理应符合下列要求:

- a) 土壤质量含水率W可根据监测的体积含水率q,按下式计算:

$$W = q / r_0 \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- W—土壤质量含水率(%)
- q—土壤体积含水率(%)
- ρ_0 —土壤干容重(t/m^3)。

- b) 土体饱和度Sr可按下式计算:

$$S_r = q (1+1/e) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- e—土的孔隙比;
- q—土壤体积含水率。
- c) 绘制历时降雨量与土壤含水率、饱和度关系曲线,累计降雨量与土壤含水率、饱和度关系曲线,确定土壤含水率、饱和度最大值;
- d) 绘制1h、24h降雨量与土壤含水率、饱和度关系曲线,计算1h、24h土壤含水率、饱和度变化平均值;
- e) 绘制降水结束后不同深度层位的土壤含水率随时间变化曲线图,划定土壤含水率恢复的时间范围。

7.3.3 泥(水)位监测资料分析整理应符合下列要求:

- a) 根据监测数据和断面尺寸,绘制泥位与泥深关系曲线图;
- b) 绘制泥深与泥石流流动断面面积的关系曲线。

7.3.4 根据流速监测资料,结合监测断面的泥深与泥石流流动断面面积,参照下式计算泥石流流量:

$$Q_c = W_c \cdot V_c = D \cdot H \cdot V_c \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- Q_c —泥石流流量(m^3/s);
 W_c —泥石流监测断面面积 (m^2);
 V_c —泥石流流速(m/s);
 D —监测断面宽度 (m);
 H —监测泥深度 (m)。

7.3.5 泥石流次声监测资料分析整理应符合下列要求:

- 编制次声历时曲线图,统计天、月、季度、年的次声强度极值,计算月、季度、年次声强度平均值,确定泥石流沟域噪声背景值;
- 当监测到的次声强度高于泥石流沟域噪声背景值,且稳定时间超过30s时,应迅速对监测数据进行核实、审查。

7.3.6 遥感解译应包含下列内容:

- 泥石流流域的边界、面积、主沟长度、主沟纵降比、山坡坡度;
- 物源区的水体分布、集水面积、地形坡度、岩层性质,区内植被覆盖程度、植物类别及分布状况,断裂、滑坡、崩塌、松散堆积物等不良地质现象,可能形成泥石流固体物质的分布范围;
- 流通区沟床的纵、横坡度、冲淤变化、泥石流痕迹,阻塞地段堆积类型,以及跌水、急弯、卡口等情况;
- 堆积区堆积物的分布范围、性质、堆积面积、堆积扇坡降、土地覆盖等。

7.3.7 结合泥石流沟基本特征,综合分析各种监测数据,判定对危害对象的危害程度。

7.3.8 根据各项监测成果,综合分析评价泥石流的活动特征,提交阶段监测成果和总结报告。

8 地面塌陷监测

8.1 一般规定

8.1.1 地面塌陷监测应在查明塌陷特征的基础上进行设计和实施。

8.1.2 根据采空或岩溶塌陷区的地质环境特征、岩土体变形特征、建(构)筑物变形特征以及监测目的等因素,地面塌陷监测宜采用专业技术监测和简易监测相结合的方式。

8.1.3 地面塌陷应监测垂直位移、水平位移、建(构)筑物倾斜、裂缝张合,必要时可监测地下水水位、降雨量、土壤含水率等。

8.1.4 监测方法应根据监测项目、场地环境条件及施测方式等按表 11 的规定选取。

表11 地面塌陷监测方法

监测项目	监测方法
垂直位移	水准测量法、三角高程测量法、CR-InSAR 等
水平位移	大地测量法、GNSS 等
建（构）筑物倾斜	经纬仪投点法法、差异沉降法、激光准直法等
裂缝	精密测距仪、伸缩仪、测缝计、位移计、简易监测等
地下水水位	水位计
降雨量	雨量计
土壤含水率	土壤含水率监测仪

8.2 监测要求

8.2.1 地面塌陷监测点的布设应符合下列要求：

- a) 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) 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) 基准点和工作基准点布设和选择应符合下列要求：
 - 1) 基准点设置不应少于3个，必要时可增设1~2个基准点；
 - 2) 基准点应设置在变形区以外的视野开阔区，且易于长期保存的稳定岩土体上，便于与工作基点联测；
 - 3) 工作基点根据需要设置，便于校核校验；
 - 4) 工作基点应与基准点构成能够满足精度要求的监测网形，宜埋设在方便观测和稳固的基础上。

8.2.2 采空塌陷监测网布设除应符合 7.2.1 条外，尚应符合下列要求：

- a) 地面塌陷监测网点可参照附录B布设，可采用其中一种网形，也可同时采用两种或两种以上的网形综合布设；
- b) 采空地地面塌陷地表变形监测线应平行和垂直于矿层走向布置，至少有一条剖面应设在移动盆地的中心部位，长度宜大于地表移动变形范围；
- c) 在地表移动盆地的中间区、内边缘区、外边缘区及采空影响带应布置监测点，采空塌陷监测点间距可根据开采深度按表12确定。

表12 采空地地面塌陷监测点间距

采空埋深 (m)	监测点间距 (m)
<50	10~15
50~100	15~30
>100	30~50

8.2.3 岩溶地面塌陷地表变形监测线宜平行和垂直于溶洞和岩溶发育带，剖面长度宜大于溶洞或岩溶发育带的最大孔径；岩溶地面塌陷的监测点宜等间距布置，其间距根据岩溶埋深按表 12 确定。

8.2.4 其他监测项目的监测网点的布设应以变形监测网点为基础，并对地面塌陷的重点部位进行有针对性的布设。

8.2.5 地表变形监测应符合下列要求：

- a) 地表变形监测可选择常规大地测量、GNSS、CR-InSAR等方法；
- b) 地表变形监测精度应满足JGJ 8要求。

8.2.6 地下水水位动态监测应满足下列要求：

- a) 在塌陷影响区范围内孔隙水压力变化较大、水位变化较大或变形较大的位置应布设孔隙水水位动态监测点；岩溶塌陷区还应布设岩溶水水位监测点；
- b) 地下水动态监测宜参照DZ/T 0133，采用人工监测法或自动化监测。

8.2.7 降雨量监测应采用自动雨量计实时进行监测，相关要求按本规范 4.2.12 条执行。

8.2.8 土壤含水率可采用土壤含水率测试仪监测。

8.2.9 地面塌陷简易监测应符合下列要求：

- a) 地面塌陷的简易监测主要是对塌陷区地表变形及建筑物上的裂缝进行监测；简易监测点应设置在裂缝处，监测剖面应垂直裂缝布设，当存在多条裂缝时，应在不同的裂缝处分别布设，简易监测点宜设置在易测处；
- b) 可采用埋桩法、埋钉法、贴水泥浆片或纸片法，利用钢卷尺、游标卡尺等对裂缝进行测量。

8.2.10 地面塌陷的监测频率及精度应满足下列要求：

- a) 人工监测地面变形时，监测频率宜每月1次，当发现有变形或变形加速、地下水水位急剧变化时，应及时增加监测次数；
- b) 建（构）筑物开裂变形等人工监测宜每月1次，当裂缝加大时，应及时增加监测次数；
- c) 自动化监测地下水水位时，数据采集应不少于每日1次；人工地下水水位测量每月1次；当发现有变形或变形加速时，应及时增加监测频率；地下水水位监测精度为 $\pm 0.01\text{m}$ ；
- d) 常规条件下降雨量监测不小于1次/h，强降雨过程中应每10分钟采集不少于1次，监测精度达到0.1mm；
- e) 土壤含水率监测应每周不少于1次，降雨过程中及降雨后3日应每日采集1次，监测精度不应大于0.01；
- f) 地面塌陷简易监测频率可根据稳定状态、变形速率以及气象条件等确定，非汛期阶段一般为10天~15天1次，雨后增加观测频率；汛期阶段一般为每5天监测1次，如发现监测数据有异常变化或在暴雨、连续降雨天气时，特别是12小时降雨量达50mm以上时，应加密监测次数，每天不少于1次，监测精度应小于0.5mm。

8.3 数据处理与分析

8.3.1 应编制监测期内地面塌陷地表变形（水平位移、垂直位移、地表裂缝收敛与位错、地面倾斜）监测曲线图，包括累计位移矢量图，水平和垂直位移量叠加在一起的综合分析图，位移历时曲线图等。

8.3.2 对降雨量数据应编制年、月降雨量直方图及降雨历时曲线图以及不同雨强直方图等。

8.3.3 对地下水监测应编制地下水水位（或变化速率）-时间曲线图。

8.3.4 简易监测数据整理应符合下列要求：

- a) 对裂缝宽度监测应编制裂缝宽度（或变化速率）-时间曲线图，通过裂缝发展速率判断稳定性；
- b) 对埋桩法、埋钉法应编制桩（钉）间距（或变化速率）-时间曲线图。

8.3.5 应根据各项监测成果和地面调查资料，综合分析评价地面塌陷的活动特征和稳定性，并提交阶段监测成果和总结报告。

9 地面沉降监测

9.1 一般规定

9.1.1 开展地面沉降监测前应搜集和分析监测区的地面沉降调查、工程地质与水文地质、地下水开采、回灌、历史监测、研究和防治等资料。

9.1.2 地面沉降监测范围应依据沉降发育规律、发育程度、监测目的等确定，应能覆盖整个现状沉降区域和近期可能发展扩大区域。

9.1.3 地面沉降监测项目应根据沉降发育特征、监测目的和要求等确定，包括地表沉降监测、分层沉降监测、地下水水位监测和孔隙水压力监测等。

9.1.4 地面沉降监测方法应根据监测项目、监测环境和监测目的等按表 13 确定。

表13 地面沉降监测方法

监测类别	监测项目	监测方法
变形监测	地表沉降监测	水准测量
		GNSS 技术
		InSAR 技术
	分层沉降监测	分层沉降标水准测量
环境因素监测	地下水水位监测	
	孔隙水压力监测	

9.1.5 监测高程基准起算点应采用国家统一的高程基准或独立的高程基准，对于同一监测区不同监测方法应采用统一监测基准。

9.1.6 监测网应结合沉降发育、区位功能和灾害敏感性等因素统一规范建设，确保常年稳定运行。

9.1.7 监测网应主要布设在地面沉降发育区，采用多种监测手段监测区域地面沉降动态发育状况。

9.1.8 在地面沉降易发区的高层建筑密集区以及轨道交通、供水、输油输气等对地面沉降敏感的重要线状工程，应综合多种手段监测，并满足相应工程监测规范要求。

9.2 监测要求

9.2.1 水准监测网由水准基准点和水准点组成，应采用一、二等水准闭合环方式布设，基准点应是基岩标或基岩水准点。

9.2.2 水准点的布设应符合下列要求：

- a) 监测网水准点间距应满足区域地面沉降监测的要求，宜按0.5km~2.0km布设；
- b) 水准点位应选在地势平坦、坚实稳固、通视条件较好的位置，避开地下设施地段，并能反应地面沉降特点和变化趋势；
- c) 一、二等水准网的结点应选取基岩标、深标或其它稳定的点，不得选用新埋设水准点和临时转站点；

d) 水准点的标志类型、埋设要求及提交资料等应符合DZ/T 0154、GB/T 12897的有关规定。

9.2.3 水准路线的布设应符合下列要求：

- a) 应尽量利用已测定的、较稳定的国家水准路线；
- b) 水准路线应垂直于或斜交于不同地质单元；
- c) 应穿越构造带、地下水开采区、地面沉降和地下水漏斗中心，并沿道路等较平缓、通视条件好的区域布设；
- d) 应尽量避免避开堆土区、河湖、山谷等阻碍观测地带以及可能遭受较大震动和交通影响的区域。

9.2.4 采用水准法进行区域地面控制监测时，监测频率宜不少于1次/年，变形异常时应加密监测。

9.2.5 地面沉降水准监测应符合DZ/T 0154和GB/T 12897的有关规定。

9.2.6 GNSS监测网应根据精度要求、卫星状况、监测区地形和交通状况及作业效率等条件综合布设，并应满足下列要求：

- a) 构网一般采用分级布网方式，包括特级GNSS网、一级GNSS网和二级GNSS网，应确保相邻同步环之间至少有2条公共基线；
- b) 基准点应选择基岩标或远离地面沉降的稳定区域；
- c) 监测点应选在能够反映地区地面沉降变形特征的位置。

9.2.7 GNSS网监测精度应符合DZ/T 0283的规定。

9.2.8 GNSS基准点宜全年连续观测，GNSS监测点的监测频率不低于1次/年，并应满足DZ/T 0283规定。

9.2.9 采用InSAR技术监测地面沉降时，应符合DZ/T 0283的规定，并应符合下列要求：

- a) 根据地面沉降的形变特征、气候条件及监测范围选用SAR影像数据，SAR数据在时间和空间范围应大于实际监测区范围的10%以上；
- b) 在遮挡物密集、影响干涉效果的地区，宜布设角反射器（CR）增强干涉效果；
- c) 在监测范围内，应定期采用水准等方法进行校核。

9.2.10 当需要布设角反射器增强干涉效果时，选点和埋设应符合DZ/T 0283的规定。

9.2.11 SAR数据选取应考虑沉降变形规模、空间范围、时序特征以及所需监测精度和监测模式等因素，并应符合以下要求：

- a) 应根据监测区内最大变形量和变形速率确定所需SAR数据的数量、数据幅宽、波长、重访周期、分辨率、成像模式等参数；
- b) 首选同极化SAR数据，次选交叉极化SAR数据；
- c) 雷达波入射角的选择，以雷达视线方向与最大位移方向夹角最小为优，尽量避免高层建筑物阴影、叠掩、透视收缩等成像扭曲现象。

9.2.12 InSAR监测垂直向形变精度为 $\pm 10\text{mm}$ ，CR-InSAR监测垂直向形变精度为 $\pm 5\text{mm}$ 。

9.2.13 InSAR监测频率不宜少于1次/年，可根据地面沉降速率及季节变化特点等情况进行调整。

9.2.14 地下分层沉降监测应采用基岩标与分层标水准联测，每个地面沉降监测站埋设1座基岩标、多座分层标，利用静力水准设备实施自动化监测，定期人工校核，并应符合下列要求：

DB11/T 1677—2019

- a) 通过钻探获取准确的地层资料, 结合区域地质环境背景条件和地下水开采情况, 划分含水层组和压缩层组, 布置标体数量和埋设深度;
- b) 基岩标埋设在第四系下伏基岩顶部或成岩较好的新近系、古近系地层中; 分层标埋设在地层界面, 宜设置在每个主要压缩层顶、底板; 基岩埋藏较深, 地下水开采相对较浅时, 也可以用埋设在主要地下水开采层以下相对稳定的分层标代替基岩标作为联测基点;
- c) 标孔间距一般4m~5m, 应考虑地层结构的影响, 当地层软弱或有厚层松散砂层分布时, 适当加大标孔间距, 标孔应采用深浅相间的布置方法, 减少施工时相互干扰。

9.2.15 分层标监测精度应根据监测方法确定, 人工监测精度参照水准测量执行, 自动化监测精度为0.01mm, 并以人工监测方法定期复核。

9.2.16 分层沉降监测频率应根据监测方法和沉降速率、监测季节的变化确定, 人工监测频率宜不少于1次/月, 自动化监测频率宜不低于1次/日。

9.2.17 地下水动态监测应符合下列要求:

- a) 监测网布设应综合考虑地面沉降和地下水变化特点, 结合水文地质单元和地下水的补给、径流、排泄条件, 并能反映地下水流场动态变化规律, 主要开采地区和主要开采层宜加密布置, 宜在同含水层组布设相应的地下水动态监测井;
- b) 地下水水位监测精度为5mm;
- c) 地下水水位监测频率为不少于1次/5天。

9.2.18 孔隙水压力监测应符合下列要求:

- a) 监测井布设一般与分层标组同步布设, 宜在同一含水层组布设相应的孔隙水压力监测井;
- b) 孔隙水压力计的量程应结合监测精度确定, 上限值宜大于静水压力值与预估的超孔隙水压力值之和的100kPa~200kPa;
- c) 孔隙水压力计埋设结束后, 连续观测3天, 取稳定后读数的平均值或中值为监测初始值;
- d) 监测过程中, 根据孔隙水压力变化规律, 采用跟踪、逐日或多日等不同的观测频率进行数据测试;
- e) 孔隙水压力监测精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$;
- f) 孔隙水压力监测频率不少于1次/月。

9.3 数据处理与分析

9.3.1 水准监测数据处理与分析应符合下列要求:

- a) 平差应在外业成果检查验收和概算通过后进行;
- b) 平差应有稳定的起算基点, 且各期之间起算基点应保持统一;
- c) 数据处理应符合DZ/T 0154和GB/T 12897的有关规定;
- d) 监测数据应绘制成等值线图等成果图件。

9.3.2 GNSS监测数据处理与分析应符合下列要求:

- a) GNSS数据基线处理、网平差应在外业成果的检查验收通过后进行;
- b) 起算数据使用前应进行完整性、正确性与可靠性检验;
- c) GNSS网基线处理应采用满足精度要求的数据处理专用软件;
- d) GNSS网平差应在GNSS监测数据与水准监测结果之间进行对比分析, 符合要求时应绘制等值线图等成果图件, 如达不到要求应重新计算或重测。

9.3.3 InSAR 监测数据处理与分析应符合下列要求:

- a) 根据不同的比例尺结果选择相应的成像分辨率影像;
- b) 影像配准精度要求方位向不低于0.125个像元, 距离向不低于0.2个像元;
- c) 干涉图滤波应采用频率域滤波方法;
- d) 影像上的基线分布可基于精密轨道参数、干涉条纹频率法或基于地面控制点的方法估算。

9.3.4 地下分层沉降数据处理与分析应符合下列要求:

- a) 分层标(组)中应有稳定的起算基点, 且各期之间起算基点应保持统一;
- b) 分层标沉降量是各分层标之间两次观测高程之差, 数值取位至0.1mm;
- c) 分层沉降数据应按累计沉降量和沉降速率分别统计, 绘制成沉降统计图表。

9.3.5 地下水动态监测数据应在统计分析基础上绘制地下水水位统计图, 条件具备时结合分层沉降监测成果, 绘制地下水水位与沉降变化对比图件, 分析沉降机理机制。

9.3.6 孔隙水压力监测应绘制孔隙水压力与时间及荷载等因素关系曲线图, 条件具备时结合分层沉降监测成果, 绘制孔隙水压力与沉降变化对比图件, 分析沉降机理机制。

9.3.7 对同一监测区采用多种技术方法取得的监测成果, 经相互对比、验证及修正后综合利用。

9.3.8 基于同一监测基准, 融合多种技术方法的监测数据, 编制统一的地面沉降统计图表。

9.3.9 监测数据应绘制反映地面沉降发育程度、发展趋势的等值线图等成果图件, 并结合地质条件及人类工程活动对其进行分析。

10 地裂缝监测

10.1 一般规定

10.1.1 地裂缝监测应在对地裂缝灾害特征详细调查和资料搜集分析的基础上进行。

10.1.2 地裂缝资料搜集和调查内容应包括地裂缝发育长度、宽度、产状、影响带范围、变形活动历史等发育特征以及致灾活动、伴生地质灾害等情况。

10.1.3 地裂缝监测范围应为地裂缝发育地带及其影响范围。

10.1.4 地裂缝监测项目宜包括以下内容:

- a) 地裂缝两侧地面的垂直位移、水平位移及相互错动位移, 计算其差异变形量;
- b) 地下水水位动态监测;
- c) 建(构)筑物裂缝的拉张、扭动或垂直位移量。

10.1.5 地裂缝监测方法应根据监测对象、监测项目及场地条件等因素按表 14 综合确定。

表14 地裂缝监测项目与监测方法

监测项目		监测方法						
		水准对点 监测	短水准剖 面监测	全站仪测 量	三维变形 测量监测	裂缝计法	GNSS 定位 系统对点 监测	InSAR 监测
地裂缝	垂直位移	●	●	●	●	●	●	●
	水平位移	—	—	●	●	●	●	—
	水平错动位移	—	—	●	●	●	●	—
建（构）筑物变形		●	●	●	—	—	—	—

注：表中符号●表示监测项目及相应的方法

10.1.6 若监测区域内同时发生地面沉降，地裂缝监测宜与地面沉降监测同时进行。

10.2 监测要求

10.2.1 监测网由基准点、工作基点及监测点组成，基准点、工作基点布设应符合以下要求：

- a) 基准点应布设在地裂缝影响区以外，且不少于3个；
- b) 工作基点应选在地裂缝两盘发育范围外，相对稳定和方便使用的位置，在地裂缝监测区域较小时，可将基准点和工作基点合并。

10.2.2 监测点的布设应符合下列要求：

- a) 监测剖面线应跨越地裂缝活动带，与其整体直角或大角度相交，监测剖面应覆盖地裂缝活动影响范围并向其影响带外延伸10m~20m，在影响带外侧分别布设不少于1~2个监测点；
- b) 每条剖面线监测点数量应能控制地裂缝影响带宽度，依据影响带内主要裂缝的发育和组合确定；
- c) 3监测点布设在地裂缝两侧，在地裂缝两侧活动较为强烈地段、裂缝宽度最大处、走向明显变化处及延伸末端均应布设短水准剖面监测点，其它位置按照不少于3~5组/km布设，每个监测区域不应少于3条监测剖面；
- d) 在地裂缝活动速率大于10mm/a地段，应布置三维变形监测点；
- e) 对地下水开采漏斗区域分布的地裂缝，宜在其两侧布设地下水水位监测点，必要时在地裂缝两侧布设地下分层沉降监测点；
- f) 监测点（桩）应选择在安全稳定、易于保存和寻找、便于监测的位置，不宜埋设在土质松软、短期因工程建设易于毁掉的地段。

10.2.3 地裂缝两侧地面绝对或相对垂直位移变形量的监测可采用水准对点方法，应符合下列要求：

- a) 水准监测点应埋设于地裂缝两盘典型活动地段，能反映两盘的变形活动特征；
- b) 垂直位移监测点标石宜采用普通水准标石，具体埋设要求可参照GB/T 12898的规定；
- c) 水准测量要求应符合JGJ 8的规定。

10.2.4 地裂缝两侧的地面垂直位移、相对垂直位移及影响宽度带的监测可采用短水准剖面法，监测点应跨地裂缝布设，监测剖面能控制地裂缝影响带宽度，相关技术要求还应符合JGJ 8的规定。

10.2.5 地裂缝两侧的地面水平位移和垂直位移监测可采用全站仪测量法测定裂缝监测点的平面位置变化，相关技术要求应符合CJJ/T 8的规定。

10.2.6 地裂缝两侧的地面垂直相对位移、水平引张及错动相对位移监测可采用三维变形测量仪法，仪器基墩应布设在地裂缝两侧土质坚硬、无扰动的地层中，且监测点应避开较大震动的地区和车辆、行人众多的街道，且有利于长期保存。

10.2.7 采用裂缝计进行监测，裂缝计应跨主裂缝布设，一般由基础墩和连接件构成，宜布设在地裂缝的两端、转折点和变形强烈地段。

10.2.8 InSAR 监测应采用高分 SAR 数据，结合角反射器实施监测，角反射器点宜对称布设在主裂缝两侧。

10.2.9 地下水动态监测应在地裂缝两侧布设，并应符合 DZ/T 0133 的规定。

10.2.10 地裂缝影响带的建（构）筑物变形监测应符合 JGJ 8 的规定。

10.2.11 地裂缝监测精度应符合表 15 的规定。

表15 地裂缝监测精度要求

监测项目	水平位移	垂直位移	三维变形	地下水水位
	(坐标中误差 mm)	(测站高差中误差 mm)	(mm)	(mm)
地裂缝	1.5	0.5	0.2	10
<p>注 1：坐标中误差：指的是监测点相对于基准点或工作基点的坐标中误差、监测点相对于基准线的偏差中误差等。坐标中误差为其点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ 倍；</p> <p>注 2：测站高差中误差：对水准测量，为其测站高差中误差；对静力水准测量、三角工程测量，为相邻垂直位移监测点间的高差中误差</p>				

10.2.12 监测频率应根据地裂缝发育特征、活动速率和监测项目等确定，并应符合下列要求：

- 地裂缝监测正常情况下每月监测1次，如遇地下水变化较大、地震活动及其他特殊情况加密监测；
- 地下水动态监测每月不少于1次，在汛期及其他特殊情况可加密监测。地下水动态持续观测时间宜与地裂缝监测周期一致；
- 自动化监测可根据地裂缝发展活跃程度设定监测数据采集频率，不低于1次/天，异常变化时可加密监测。

10.3 数据处理与分析

10.3.1 地裂缝数据处理应符合下列要求：

- 水准对点监测应保证地裂缝两侧监测点数据的完整，对比分析水准对点之间的差异沉降；
- 短水准剖面监测应根据剖面线上各点绘制沉降槽曲线，分析地裂缝两盘影响范围；
- 全站仪测量时应计算出地裂缝两侧的位移及相对位移；
- 三维变形测量仪监测应保证地裂缝两侧垂直、水平引张及错动变化数据的完整，当发生突变时应结合突发振动、地震或人为因素分析；
- 地下水动态监测数据应绘制地下水水位统计图表；
- 建（构）筑物裂缝监测数据应计算并绘制裂缝宽度及走向。

10.3.2 地裂缝数据分析应符合下列要求：

DB11/T 1677—2019

- a) 分析地裂缝变形监测数据随时间的变化，对变形监测数据应绘制地裂缝的三维（X、Y和Z）位移矢量历时曲线图和综合位移分析图，地裂缝两盘相对位移历时曲线图；
- b) 分析地下水开采动态变化与地裂缝的形成、发育、发展的关系；
- c) 分析建（构）筑物受地裂缝影响产生的变形曲线；
- d) 分析沿地裂缝走向及两盘方向发展随时间的变化。

11 数据整理与成果报告

11.1 监测成果宜包括监测记录、监测报告和监测图表资料。

11.2 简易监测资料整理应符合下列要求：

- a) 对简易监测资料进行整理、分析，对比专业技术监测成果，保证监测工作的开展；
- b) 根据简易监测项目、监测方法、地质灾害特征等编制时程曲线等图件；
- c) 编制简易监测成果表。

11.3 专业技术监测数据的记录与整理应符合下列要求：

- a) 外业观测记录和记事项目应在现场直接记录在正式的监测记录表格中，监测记录表格中应有相应的工况描述；
- b) 应如实记录监测数据及相关信息，任何原始数据记录不得涂改、伪造和转抄；
- c) 对于手动记录的原始监测数据，有关资料如日期、监测点号、仪器编号、深度、气温等，以表格或其他形式记录下来，进行统一编号、建卡、归类和建档；
- d) 对于自动记录的数据，应及时进行数据拷贝，并编号存档；
- e) 对现场监测资料进行整理、分析和校对，监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行现场核对或复测；
- f) 对监测数据应及时计算特征值，并应根据自然环境条件、地质条件、灾害特征等分析监测数据的变化原因和变化规律，预测其发展趋势。

11.4 监测成果图件的编制应符合下列要求：

- a) 对绝对位移监测资料应编制水平位移、垂直位移矢量图及累计水平位移、累计垂直位移矢量图，上述两种位移量叠加在一起的综合性分析图、位移历时曲线图；
- b) 对相对位移监测资料应编制相对位移分布图、相对位移历时曲线图等；
- c) 对地面倾斜监测资料应编制地面倾斜分布图、倾斜历时曲线图；
- d) 对地下倾斜监测，应编制钻孔等地下位移与深度关系曲线图、变化值与深度关系曲线图及位移历时曲线图等；
- e) 对地声等物理量监测资料应编制地声总量历时曲线图和分布图等；
- f) 对地表水、地下水监测资料应编制地表水水位、流量历时曲线图，地下水水位历时曲线图、土壤含水率历时曲线图、孔隙水压力历时曲线图、泉水流量历时曲线图；
- g) 对气象监测资料应编制降雨历时曲线图、气温历时曲线图、蒸发量历时曲线图，以及不同雨强等值线图；
- h) 根据分析需要，还应编制变形位移量（包括相对和绝对）与降雨量变化关系曲线图、变形位移量与地下水水位变化关系曲线图、倾斜位移量（包括地表和地下）与降雨量变化关系曲线图、倾斜位移量与地下水水位变化关系曲线图、泉水流量与降雨量变化关系曲线图等。

11.5 监测报告应分为当日报告、应急报告、阶段报告和总结报告。监测报告应采用文字、表格、图形、照片等形式，表达直观、明确。

11.6 当日报告宜包括下列内容：

- a) 灾害概况；
- b) 监测项目日报表，包括仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的累计变化值、变化速率值、控制值、监测点平面位置图等；
- c) 监测数据的分析与说明；
- d) 结论与建议。

11.7 阶段报告宜包括下列内容：

- a) 地质灾害概况及监测工作进度；
- b) 监测项目的累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的剖面曲线图等值线图、监测点平面位置图；
- c) 监测数据的分析与说明；
- d) 评价地质灾害活动特征和发展趋势，提出地质灾害的防控建议；
- e) 监测结论。

11.8 总结报告宜包括下列内容：

- a) 地质灾害及监测工作概况；
- b) 监测目的、监测项目和监测依据；
- c) 监测点和基准点布设；
- d) 采用的仪器型号、规格和元器件标定资料；
- e) 监测数据采集和监测方法，分析监测精度；
- f) 监测值、累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的断面曲线图、等值线图、监测点和基准点平面位置图；
- g) 监测数据信息的分析与说明；
- h) 评价地质灾害活动特征和发展趋势，提出地质灾害的防控建议；
- i) 监测结论。

11.9 监测数据的处理宜利用专门的监测数据处理与信息管理系统软件，实现数据采集、处理、分析、查询和管理的一体化以及监测成果的可视化。

附 录 A
(规范性附录)
监测技术方案编制大纲

A.1 编制大纲

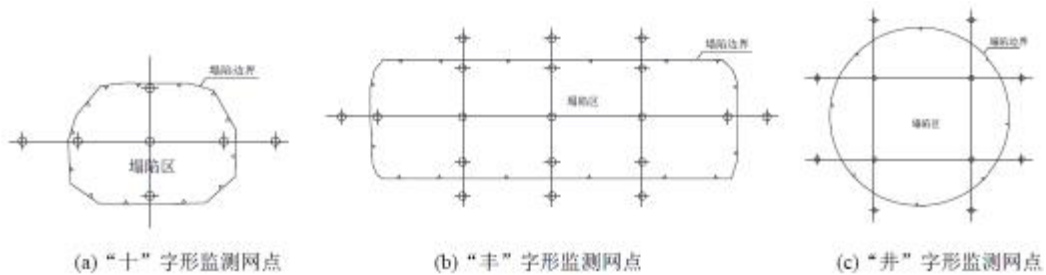
- A.1.1 任务来源及监测的重要性
- A.1.2 地质灾害成灾和致灾环境
- A.1.3 地质灾害活动特征
- A.1.4 监测目的和依据
- A.1.5 监测项目和监测方法
- A.1.6 地质灾害监测网及监测点的布设和保护
- A.1.7 监测精度及监测频率
- A.1.8 监测人员及组织
- A.1.9 监测仪器设备
- A.1.10 异常情况下的应急监测措施
- A.1.11 安全生产措施
- A.1.12 监测资料的整理与信息反馈

A.2 附图

- A.2.1 地质灾害点的监测点布置图

附 录 B
(规范性附录)
地面塌陷监测网点布设

B.1 采空地地面塌陷或岩溶地面塌陷的监测线应根据塌陷规模、塌陷形状布设，对于塌陷面积小，宜布设“十”字形监测线；对于塌陷形状呈方形或圆形宜布设“井”字形或“丰”字形监测线，见图B.1。



图B.1 地面塌陷监测网点布设示意图