

# 中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 05-2023

## 石灰岩矿山高陡边坡稳定性监测预警技术规范

Technical specification for monitoring and early warning of high and steep slope stability in limestone mine

（征求意见稿）

2024-- 发布

2024-- 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

# 目 录

前 言 .....	3
1 范围 .....	4
2 规范性引用文件 .....	4
3 术语和定义 .....	5
4 总则 .....	1
4.1 一般规定 .....	1
4.2 监测等级 .....	1
4.3 监测要求 .....	2
4.4 监测频率 .....	3
5 监测方案 .....	4
5.1 一般规定 .....	4
5.2 资料收集 .....	5
5.3 方案编制 .....	6
5.4 技术要求 .....	6
5.5 监测方法 .....	8
6 自动化监测 .....	9
6.1 一般规定 .....	9
6.2 系统设计 .....	9
7 监测设备及技术要求 .....	11
7.1 变形监测 .....	11
7.2 应力监测 .....	12
7.3 爆破震动监测 .....	12
7.4 水文气象监测 .....	12
7.5 图像与视频监控 .....	13
7.6 巡查监测 .....	13
8 监测设备安装与调试 .....	13
8.1 一般规定 .....	13
8.2 监测设备安装 .....	14
8.3 监测仪器设备调试 .....	16
9 监测运行与维护 .....	17
9.1 一般规定 .....	17
9.2 监测仪器设备运行维护 .....	17
10 数据处理分析与预警 .....	18

10.1	监测数据处理分析 .....	18
10.2	监测预警 .....	19
11	监测报告编制 .....	19
11.1	一般规定 .....	19
11.2	监测报告编制 .....	20
11.3	监测总结归档 .....	21
附录 A	监测预警工作流程 .....	22
附录 B	监测方案编制大纲 .....	23
附录 C	监测范围示意图 .....	24
附录 D	监测报告提纲 .....	25
附录 E	总结报告提纲 .....	26
附录 F	自动化监测设备现场安装记录表 .....	27
附录 G	GNSS 安装技术方法 .....	28
附录 H	深部水平位移监测仪器安装技术方法 .....	29
附录 J	自动化监测设备检查维护记录表 .....	30
附录 K	宏观巡查内容及方法 .....	31
附录 L	边坡预警预报 .....	33

## 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。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：中国建筑材料工业地质勘查中心陕西总队、四川总队、甘肃总队、江苏总队、湖南总队等。

本文件主要起草人：张海锋、寿立永、吴凯、孟武、黄强、杜晓东、王太强等。

本文件为首次发布。

# 石灰岩矿山高陡边坡稳定性监测预警技术规范

## 1 范围

本规范规定了石灰岩矿山高陡边坡稳定性监测预警技术的总则、监测设计、监测设备及技术要求、监测设备安装与调试、数据采集与传输、监测运行与维护、数据处理分析与预警等要求。

本规范适用于新建、改建、扩建、在产或废弃的石灰岩矿山高陡边坡稳定性监测预警。

## 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。

- GB16423 金属非金属矿山安全规程
- GB51016 非煤露天矿边坡工程技术规范
- AQT2063 金属非金属露天矿山高陡边坡稳定监测技术规范
- GB 50026 工程测量标准
- GB 55018 工程测量通用规范
- JGJ8-2016 建筑变形测量规范
- GB 50830 冶金矿山采矿设计规范
- GB 51214 煤炭工业露天矿边坡工程监测规范
- GB / T 37697 露天煤矿边坡变形监测技术规范
- YS / T 5229 岩土工程监测规范
- DZ / T 0460 地质灾害自动化仪器监测预警规范
- MT / T 1183 露天矿边坡稳定性分析及岩移监测方法

### **3 术语和定义**

下列术语和定义适用于本规范。

#### **3.1 露天开采 open - pit mining**

直接从地表揭露出矿物并将其采出的作业。

#### **3.2 露天采场 open-pit workings**

进行露天开采的场所。

#### **3.3 采场边坡 open-pit slope**

露天采场内由台阶和台阶坡面组成的总体。

#### **3.4 边坡角 slope angle**

采场边坡非工作帮最上一个台阶的坡顶线至最下一个台阶的坡底线所做的假想坡面与水平面的夹角。

#### **3.5 工作帮 working slope**

由正在开采的台阶组成的边帮。

#### **3.6 非工作帮 non-working slope**

由已结束开采的台阶部分组成的边帮。

#### **3.7 最终边坡 final pit slope**

采场到达最终设计开采境界位置时的边坡。

#### **3.8 滑坡 landslide**

采场边坡岩土体在较大范围内沿某一特定的剪切带产生破坏性滑动。

#### **3.9 安全系数 safety factor**

沿边坡最危险滑动面作用的极限抗滑力与下滑力的比值。

#### **3.10 变形监测 deformation monitoring**

对地表和地下一定深度范围内的边坡岩土体的位移、沉降、倾斜、裂缝的变化进行监测，并提供变形分析预报的过程。

#### **3.11 边坡稳定性监测 slope stability monitoring**

为测定采场边坡稳定性进行的变形监测。

#### **3.12 水平位移监测 horizontal displacement monitoring**

测量边坡体平面位置随时间的变化量，并结合相关影响因素进行变形分析的工作。

#### **3.13 竖向位移监测 vertical displacement monitoring**

测量边坡体在垂直方向随时间的变化量，并结合相关影响因素进行变形分析的工作。

#### **3.14 裂缝监测 crack monitoring**

对边坡体及影响范围内出现裂缝的宽度、长度、走向及其变化等进行的测量。

### **3.15 应力监测 stress measurement**

在边坡体内埋设应力计，获取其应力变化的测量工作。

### **3.16 地下水位监测 ground water level observation**

为查明地下水表面水位高程的变化而进行的观测工作。

### **3.17 降雨量监测 observations of precipitation**

为查明降雨量大小变化而进行的观测工作。

### **3.18 人工监测 manual safety monitoring**

采用人工方式，通过监测仪器设备对采场边坡安全状况进行定期监测。

### **3.19 自动化在线监测 online safety monitoring**

采用网络通信、智能控制及计算机技术，通过监测仪器设备对采场边坡安全状况进行连续自动监测。

### **3.20 基准点 datum point**

在变形监测中，作为测定工作基点和监测点依据的稳定可靠点。

### **3.21 基准网 datum point**

在变形测量中，作为测量工作基点及变形观测点起算依据的稳定可靠的控制点。

### **3.22 监测点 monitoring point**

监测仪器布置的位置点。

### **3.23 工作基点**

相对永久不动的基准点。

### **3.24 变形监测网 deformation monitoring reference network**

由基准点、工作基点、变形观测点组成的按一定周期对边坡体进行重复观测而建立的观测网。

### **3.25 监测周期 monitoring period**

对边坡进行监测时，相邻两次监测时间的间隔。

### **3.26 监测频率 frequency of monitoring**

单位时间内的监测次数。

### **3.27 变形速率 deformation velocity**

在单位时间内观测点水平或垂直位移变化的大小

### **3.28 预警值 prewarning value**

在变形允许值范围内，根据边坡的变形敏感程度，以允许值一定比例计算的或直接给定的警示值。

### **3.29 卫星定位法监测 GNSS survey**

利用卫星定位接收机并结合相关软件系统用快速获取边坡体的变形数据的测量方法。

### **3.30 全站仪监测系统 total station monitoring system**

采用具有智能识别功能的全站仪和专用软件，对边坡体实现无人值守自动连续的进行数据采集、处理、分析、报警、图表输出等的技术系统。

### **3.31 数据分析 data analysis**

利用一系列规则和方法，对各种监测数据、资料及其他信息所进行的分类、计算、比较、综合及判断的过程。

### **3.32 信息反馈 information feedback**

将采场边坡在线安全监测系统中的输出数据、信息以某种或几种方式返回到相关管理人员和监测系统的过程。



## 4 总则

### 4.1 一般规定

4.1.1 边坡稳定性监测应坚持“综合监测、科学分析、预测预报、保障安全”的基本原则，做到安全适用、经济合理、技术先进，并应遵循“定人、定时、定设备”的三固定方针。

4.1.2 边坡稳定性监测预警除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

4.1.3 边坡稳定性监测预警系统应依据露天矿山采场边坡勘察报告、边坡稳定性研究报告和开采设计等资料，结合采场边坡工程地质复杂程度、水文地质条件、生产和揭露的地质情况，分区评估边坡稳定性现状，明确各分区内边坡稳定监测等级，按照最终边坡境界、不同时期和不同开采要求进行边坡监测方案总体设计，并按方案设计要求分阶段进行实施。

4.1.4 当没有形成最终边坡时，应根据要求在采场工作帮边坡设置临时监测点；形成最终边坡时，在非工作帮边坡上设置永久性监测点。

4.1.5 采场边坡监测方案设计应当根据各监测项目提出不同预警级别的预警值。预警值应结合年度边坡稳定性分析报告设置，并根据实际情况动态更新，至少每年核定一次。

4.1.6 矿山边坡监测预警，宜根据矿山的具体特点，选用适宜的监测手段，并遵循一定的程序进行。监测工作的流程见附录 A。在监测预警中宜积极采用新理论、新技术和新方法。

4.1.7 矿山企业应委托具备相应资质的单位进行边坡监测系统设计与实施，并组织专家评审通过后按设计实施及验收。

4.1.8 监测工作应在资料收集的基础上，进行监测分级，设计监测网，确定监测方法及监测精度，开展监测，分析、汇总监测数据，编制监测成果报告及图件。

### 4.2 监测等级

4.2.1 石灰石矿山采场边坡依据高度、坡度、地质条件、稳定性等指标确定不同监测等级。

4.2.2 根据 GB50830，采场边坡高度等级按表 4.2.2 划分为四级，对应的高度等级指数分别为 4、3、2、1。

表 4.2.2 边坡高度等级

高度等级指数 $H$	分类名称	高度 (m)
1	超高边坡	大于 500
2	高边坡	200~500
3	中高边坡	100~200
4	低边坡	小于 100

4.2.3 采场边坡总边坡角等级按表 4.2.3 划分为三级，对应的坡度等级指数分别为 3、2、1。

表 4.2.3 总体边坡角等级

坡度等级指数 $A$	分类名称	总边坡坡度 (°)
------------	------	-----------

1	陡坡	大于 42
2	斜坡	30~42
3	缓坡	小于 30

**4.2.4** 根据地质报告和边坡工程勘察报告，将采场边坡的工程地质和水文地质条件分别划分为复杂型、中等型和简单型，对应的地质条件等级指数 G 分别为 1、2、3。当工程地质条件和水文地质条件等级不一致时，取两者中较高的等级作为采场边坡地质条件等级。

表 4.2.4 采场边坡地质条件等级

地质条件等级指数 G		水文地质条件		
		复杂型	中等型	简单型
工程地质条件	复杂型	1	1	1
	中等型	1	2	2
	简单型	1	2	3

**4.2.5** 应根据安全系数 F 对露天矿山采场边坡稳定性进行滑坡风险分级，按照表 4.2.5 将正常工况和非正常工况条件下边坡滑坡风险等级分为四级。

表 4.2.5 采场边坡滑坡风险等级

滑坡风险等级指数 S	安全系数 F	
	正常工况	非正常工况
1	$F < 1.1$	$F < 1.05$
2	$1.1 \leq F < 1.2$	$1.05 \leq F < 1.15$
3	$1.2 \leq F < 1.3$	$1.15 \leq F < 1.25$
4	$1.3 \leq F$	$1.25 \leq F$

注：非正常工况考虑暴雨或爆破震动或地震等荷载情况下的安全系数

**4.2.6** 矿山采场边坡稳定监测等级按照表 4 由边坡的变形指数和滑坡风险等级共同确定，共分为一、二、三、四级，一级为最高等级并依次降低，其中变形指数由下式确定。

$$D = H + A + G$$

式中：D—变形指数；H—高度等级指数；A—坡度等级指数；G—地质条件指数。

当边坡变形指数和风险指数取值不在同一监测等级时，取两者中较高等级。

表 4.2.6 采场边坡稳定监测等级

安全监测等级	变形指数 D	滑坡风险等级 S
一级	3 或 4	1
二级	5 或 6	2
三级	7 或 8	3
四级	9 或 10	4

### 4.3 监测要求

**4.3.1** 石灰石矿山边坡监测项目应根据边坡监测等级，并综合考虑边坡实际监测需求，分别进行边坡巡视监测、变形监测、应力监测、爆破振动监测、水文气象监测、其他监测等。

**4.3.2** 石灰石矿山采场应结合边坡分区的安全监测等级要求，对边坡变形、采动应力、爆破震

动、水文气象和场内视频进行监测，边坡稳定监测基本指标见表 5。

表 4.3.2 边坡稳定监测基本指标

监测等级	变形监测			采动应力监测	爆破震动 质点速度	水文气象监测			视频监控
	表面位移	内部位移	边坡裂缝			渗透压力	地下水位	降雨量	
一级	●	●	●	●	●	●	●	●	●
二级	●	○	●	○	●	○	●	●	●
三级	●	○	○	○	○	○	○	●	●
四级	○	×	○	×	○	×	×	○	○

注：●应测项，○可测项，×不测项。

注：

（1）安全监测等级为一级和二级的采场边坡应对最终边坡表面位移进行在线监测；安全监测等级为一级的采场边坡应在最终边坡设置内部位移在线监测；当采场边坡出现长度超过 5m、宽度大于 1cm 且深度大于 2m 的贯通性裂缝时，应对边坡裂缝实施监测。

（2）安全监测等级为二级且工程地质条件复杂的采场边坡，应对采场边坡进行采动应力监测。

（3）安全监测等级为二级且水文地质条件中等及复杂的采场边坡，应对最终边坡进行渗流压力监测，其中水文地质条件为复杂的应进行渗流压力在线监测；安全监测等级为三级且水文地质条件复杂的采场边坡，应进行地下水位监测。

**4.3.3** 石灰石矿山采场发育的滑坡、崩塌等地质灾害的监测项目应符合现行行业标准、规范的有关规定。

#### 4.4 监测频率

**4.4.1** 监测点的监测周期，应根据监测体的变形范围、变形速率、监测精度、设施布置情况和工程地质条件等因素综合确定，宜以日、月、季度、年为周期进行监测；监测期间，应根据变形速率进行动态调整。

**4.4.2** 监测点的监测频率应符合下列规定：

**1** 位移监测：人工监测应每月不少于 1 次，在雨季和融雪季节应每半月进行 1 次。出现等速变形时，应每周不少于 1 次；加速变形时应每日进行监测。

**2** 裂缝监测：裂缝开始出现时应逐日观测，稳定后每周观测一次，直到裂缝不再发展为止。

**3** 水文气象监测：每月不少于 1 次，当水位上升或遇恶劣天气时，应加密监测频次。

**4.4.3** 下列情况下应相应提高监测频率：

- a) 监测数据变化较大、变形速率加快或连续变形时；
- b) 雨季、汛期或融雪；
- c) 大药量爆破；
- d) 地震、连续多日下雨后。

**4.4.4** 在工程运营监测阶段，当监测数据 1 个水文年内变形保持稳定时可相应降低监测频率。

## **5 监测方案**

### **5.1 一般规定**

**5.1.1** 监测方案的编制，应综合考虑监测边坡的工程地质和水文地质条件、工程爆破、周边环境条件、边坡轮廓、开采设计方案等因素进行。

**5.1.2** 监测方案编制前，应对监测边坡现场进行详细踏勘，进一步收集已有资料，并根据工程现场、边坡类型、边坡破坏模式、变形阶段和危害程度等划分边坡监测等级，提出边坡监测要求，确定边坡监测频率。

**5.1.3** 监测工作开展之前，应编写监测设计书；设计书的编制，应以上级主管部门下达的合同或任务委托书为依据；设计书应得到上级主管部门或委托单位批准后方可实施。

**5.1.4** 监测单位应根据监测任务书编制监测方案，根据监测方法的不同其监测技术设计要求也各不相同。

**5.1.5** 人工监测技术设计应包括下列内容：

- 1 工程概况（自然条件、地质环境、边坡工程的特征等）；
- 2 监测方案编制依据；
- 3 监测范围和目的；
- 4 监测主要技术指标；
- 5 监测断面、监测点布设；
- 6 监测设备安装；
- 7 监测数据采集；
- 8 监测数据分析与处理；
- 9 监测成果提交。

**5.1.6** 自动化在线监测技术设计应包括下列内容：

- 1 工程概况（自然条件、地质环境、边坡工程的特征等）；
- 2 监测方案编制依据；
- 3 监测范围和目的；
- 4 监测系统主要技术指标；
- 5 监测断面、监测点布设；
- 6 监测设备性能与施工安装；
- 7 监测系统数据采集装置性能与安装；
- 8 监测系统通信设施、供电设施、防雷设施及其安装；
- 9 监测系统控制中心设置；
- 10 监测系统调试与比测；
- 11 监测数据分析处理方法与数据建库；
- 12 监测信息发布与预警

13 监测系统的运行与管理。

**5.1.7 人工监测应符合下列规定：**

- 1 应采用相同的观测图形、观测路线和观测方法；
- 2 应使用相同的监测仪器和设备；
- 3 宜固定监测人员；
- 4 应采用统一基准处理数据。

**5.1.8 自动在线监测系统应符合下列规定：**

- 1 应具备自动巡测、应答式测量、故障自诊断功能；
- 2 应具备掉电保护和自启动功能；
- 3 应具备远程通信功能；
- 4 应具备网络安全防护功能；
- 5 应具备防雷及抗干扰功能；
- 6 应具备通用的操作环境，可视化、操作方便的用户界面；
- 7 可根据用户需求修改系统设置、设备参数及采集周期；
- 8 应具备在线监测、数据后台处理、数据库管理、数据备份、监测图形及报表制作、监测信息查询及发布功能；
- 9 应具备系统管理、数据存取、操作日志、故障日志、预报警记录等功能。

**5.1.9 表面位移基准点、工作基点布设应符合下列规定：**

- 1 应根据监测等级、仪器技术指标和位移监测网图形结构估算各监测点相对于相邻工作基点或基准点的点位测量中误差和高程测量中误差，应确定基准点或工作基点至监测点的最大距离。
- 2 基准点应布设在变形影响区域外稳固可靠的位置，基准点数量不宜少于 3 个。
- 3 工作基点应选在稳固且方便使用的位置。水平位移监测工作基点宜采用有强制归心装置的观测墩。

**5.1.10 对下列特殊条件的边坡监测方案宜进行专门论证：**

- 1 地质和环境条件特别复杂的边坡工程；
- 2 对人员、设备安全构成严重威胁和重大经济损失的边坡工程；
- 3 可能发生整体滑坡的边坡工程。

## **5.2 资料收集**

**5.2.1** 收集和熟悉矿山的勘探、安评、设计和施工资料，以及区域地质灾害资料、类似工程相关资料等，并应收集下列资料：

- 1 生产勘探报告；
- 2 开发利用方案，设计报告，工程平面图等设计文件；
- 3 区域气象、水文、地震等有关资料；

- 4 边坡勘察和稳定性评价成果文件；
- 5 边坡影响范围内的道路及周边建构筑物等有关资料；
- 6 边坡开采现状图。

**5.2.2** 现场踏勘，实地进行地质调查与资料收集工作，宜包括下列内容：

- 1 组成边坡土层部分的土类、分布状态、含水情况、物理力学性质等；
- 2 组成边坡岩层（岩体）部分的岩石特征、软弱结构层（面）的赋存状态、分布规律、接触关系、接触面的特征及产状等；
- 3 与边坡稳定有关的各类地质构造，包括断层、褶曲、节理和裂隙等的性质、产状、发育方向及程度、裂隙带宽度与分布密度及充填物等；
- 4 松散层及风化岩石的岩性、次生矿物、岩石破碎程度、与坚硬岩石的接触关系及接触面特征等；
- 5 构成边坡体的岩层产状、位置、厚度、结构以及强度；
- 6 对边坡上分布的潜在滑坡体，应描述滑坡体的位置、分布范围及滑落时间、滑动方向、滑落面产状和深度及边坡渗水情况等；
- 7 边坡顶面是否存在已有地表裂缝或出现新的地表裂缝；若发现地表裂缝，应描述地表裂缝的形态、产状及发育情况等；
- 8 边坡坡面是否出现底鼓隆起变形现象，若出现，应描述底鼓隆起的分布形态及发育情况等。

**5.2.3** 复核相关资料与现状的关系，确定变形监测项目现场实施的可行性。

**5.2.4** 资料收集可采用拍照、录像、素描等方法保存有关资料或进行必要的现场测试取得有关资料。

### **5.3 方案编制**

**5.3.1** 监测方案的编制应在广泛收集资料和野外踏勘的基础上，明确监测对象、等级及内容，提出监测方法，布置监测网络，确定监测精度及频率，附监测系统平面图、剖面图等附图、附表。监测方案设计书编写应按附录 B 进行。

**5.3.2** 设计书应编制监测工作部署图，应标明基准点位置、监测点类型、分布位置等，地理底图应采用标准分幅图件，比例尺应不小于 1/500。

### **5.4 技术要求**

**5.4.1** 监测网布设，应符合下列规定：

1 监测网应根据边坡的地质特征、变形特征、施测条件等综合布置，由监测剖面 and 监测点组成。监测剖面、监测点布置应以能够充分控制边坡整体变形为原则。

2 监测网应能控制边坡整体变形和各块体的差异变形，同时宜兼顾各级台阶边坡变形。

3 边坡监测应形成控制网和监测网。

**5.4.2** 监测剖面布设，应符合下列规定：

1 首先应确定边坡体变形监测的范围，在该范围内确定边坡体的主要变形滑动方向，按变形范围和主要滑动方向确定监测线，选取典型剖面，再按监测线选择监测点。

2 一级、二级监测宜在边坡中轴及两侧布置监测剖面；三级、四级监测宜在边坡中轴布置监测剖面。

3 监测剖面后端应延伸至边坡后缘稳定岩土体，前端应延伸至坡脚以下。

4 监测剖面应尽可能与勘查剖面、稳定性计算剖面位置一致。

#### 5.4.3 监测点布设，应符合下列规定：

1 监测点应布置在能够反映边坡体变化趋势的关键及代表性部位，并应尽可能布置在监测剖面上，一般不宜远离剖面 5m，施测条件限制时，可单独布点。

2 绝对位移监测点宜布置在被裂缝切割的重要块体表面、临空面顶部，每条剖面的监测点数量可根据边坡提变形特征具体确定，一般不宜少于 3 个；绝对位移基准点应布置在边坡体外围稳定岩土体上，数量不应少于 3 个

3 裂缝相对位移监测点应布置在控制性裂缝中部及两端，且尽可能位于监测剖面上，每条裂缝最少应有一个三向位移监测点（包括垂直裂缝方向、平行裂缝方向和重力方向）。

4 深部位移监测点应充分利用钻孔等勘探工程，布置在边坡潜在滑移面（带）、下伏软弱岩层、软弱夹层等部位，且尽可能和地表绝对位移监测点相对应。

5 地下水位监测点宜布置在边坡体中、后部，且尽可能和深部位移监测点相对应。

6 降水量监测点和 GNSS 基站一般应布置在致灾体变形影响区域外稳定可靠的位置。

#### 5.4.4 采场边坡变形监测，除应符合上述监测网布置要求外，还应符合下列规定：

1 在矿山地表最终境界线以外 200m 内，应建立地表变形和地下变形的永久监测网，其监测线、点布置数量，应根据边坡走向长度、边坡区段的重要性和可实现情况确定。但监测线不应少于 3 条，每条监测线上不应少于 3 个监测点。每个监测分区不应少于 5 个监测点。深部位移监测孔深应达到潜在滑动面（层）以下 5m~10m，孔径宜为 70mm~150mm；

2 在采场界边坡上，应建立永久监测网。监测线应根据边坡长度、现场实际条件布设，其间距宜为 200m~400m，且不宜少于 3 条线；监测线上的监测点间距宜为 30m~50m；监测周期应根据地表变形和地下变形的情况确定。在降雨期间或当变形速度加剧时，应增加监测频率，并应及时提交监测报告；

3 对出现地表和地下变形或地质构造复杂、稳定性较差的重要边坡，应建立地表和地下变形的监测系统。地表和地下监测线的数量，应根据地表和地下变形区的范围确定，但不应少于 3 条，每条线上不应少于 3 个监测点。

5.4.5 采场边坡工程监测范围，应包括采场边坡体与采掘场地表境界线以外的影响区，应按本规范附录 C 确定。影响区宽度 L 的确定，应符合下列规定：

1 开采深度小于 200m 时，其宽度不宜小于最大开采深度；

2 开采深度大于或等于 200m 时，其宽度不宜小于 200m。

## 5.5 监测方法

**5.5.1** 露天矿山边坡宜选择自动化监测、实时监测方法。

**5.5.2** 露天矿山边坡按监测对象失稳破坏模式的不同，滑坡、崩塌的位移监测（地面绝对位移监测、地面相对位移监测、深部位移监测）、物理场监测（应力监测、应变监测、声发射监测）、地下水监测和外部诱发因素监测（地震监测、降雨量监测等）。

**5.5.3** 监测方法应根据监测内容、场地环境条件及施测方式等综合确定，监测方法应简单易行。

**5.5.4** 露天矿山临时边坡，可采用人工监测；露天矿山永久边坡，在地质条件较好、外界扰动较少的地段，可采用简易监测法进行人工监测；在地质条件一般、外界扰动较大的地段，宜采用设站监测、仪表监测；在地质条件较差、外界扰动大的地段，应采用远程自动监测结合人工监测，对边坡进行实时监测，及时预警。

**5.5.5** 监测方法可包括简易观测法、设站观测法、仪表观测法和远程观测法。监测仪器可选用地表大地测量(经纬仪、水准仪、测距仪、全站仪等)、摄影仪、裂缝仪、多功能（倾角/加速度）位移桩、GNSS、红外遥感、激光微小位移、边坡稳定雷达、声发射、位移计、钻孔倾斜仪、压电式雨量计和水压监测仪等，应综合考虑监测方法和仪器。

**5.5.6** 对地质条件复杂的采场及可能发生滑坡、崩塌等灾害的区段边坡宜采用地表、地下联合监测的方式进行观测。采用地表位移监测确定失稳边坡边界及变形方向、速率，采用地下位移监测确定不稳定带深度、滑面位置、形态及滑坡体移动方向、速度，确定滑坡的规模，建立边坡监测预警与滑坡预报系统。

1 有滑坡或潜在滑坡迹象的边坡以监测变形和降雨为主，具体包括位移、裂缝、倾角、加速度、雨量等测项，按需布置声光报警仪。

2 土质滑坡宜测项包括位移、裂缝和雨量等，选测项包括倾角、加速度和含水率；岩质滑坡宜测项包括位移、裂缝和雨量等，选测项包括倾角、加速度。设备类型、数量和布设位置根据滑坡规模、形态及变形特征等确定。

3 崩塌以监测变形和降雨为主，具体包括裂缝、倾角、加速度、位移和雨量等测项，按需布置声光报警仪。

4 土质崩塌宜测项包括裂缝和雨量，选测项包括位移、倾角和加速度；岩质崩塌上述宜测项包括裂缝、倾角、加速度和雨量，选测项包括位移。设备类型、数量和布设位置根据危岩体的规模、形态等确定。

**5.5.7** 对矿山建设、生产、终采过程中突然发生或将要发生边坡失稳破坏与滑坡的重要边坡，宜采用红外测距仪、地面位移伸长计、边坡监测雷达、卫星定位系统等仪器装备，进行连续、自动化、临滑监测、跟踪，实现滑坡预警预报。



## **6 自动化监测**

### **6.1 一般规定**

**6.1.1** 自动化监测系统应遵循实用、可靠、先进、经济、环保的设计原则，监测仪器设备应力求准确、简单、稳定、便于维护，易于改造和升级。

**6.1.2** 边坡工程监测区域符合下列一项或多项条件时，应进行自动化监测：

- 1 边坡工程监测区域进入等速变形阶段时；
- 2 人工监测难以实施或有危及人身安全的监测区域；
- 3 处于无人值守的边坡监测区域。
- 4 需要长期监测的项目。

**6.1.3** 自动化监测系统每年应定期进行人工校验，并设置完善的管理制度。

### **6.2 系统设计**

**6.2.1** 自动化监测系统可包括远程自动化监测系统，传输系统，监测中心（数据分析、处理、显示、存储）系统组成。远程监测系统通过现场传感器、自动化监测站等采集/处理数据，并通过有线或无线的传输系统传至监测中心，经过专业人员及软件分析、处理、显示、存储。

**6.2.2** 根据监测项目、内容选择监测仪器、传感器等现场监测设备，并应符合本规范相关的规定。

**6.2.3** 监测传感器应能适应监测区域的环境条件，并能满足边坡工程监测所要求的精度、量程等。

**6.2.4** 采用摄像机进行视频监控时，应对边坡进行宏观视频监控，监测范围应覆盖主要坡面。

**6.2.5** 自动化监测站可划分为自动化监测采集站和自动化监测管理站。

**6.2.6** 自动化监测站安装时，应对监测仪器设备进行检验、试验、参数标定，并做好详细记录。在改造工程的监测传感器安装时，不宜破坏原有可用的监测设施。自动化监测仪器设备调试时，自动采集数据应与人工监测数据进行同步比测。

**6.2.7** 自动化监测采集站基本功能，应符合下列要求：

- 1 具有自动巡测、选测、自检、自诊断功能；
- 2 具备掉电保护功能；
- 3 具有现场网络数据和远程通信功能；
- 4 具有网络安全防护功能；
- 5 具有防雷及抗干扰功能；
- 6 具有工程所要的精度、量程；
- 7 具有存储数据功能，存储格式应具有多种格式，应具有人工巡检采集数据周期的存储容量；

**6.2.8** 自动化监测管理站基本功能，应符合下列要求：

- 1 具有处理和分析数据等功能；
- 2 具备人工测量接口，可以进行补测、比测。

**6.2.9 自动化监测传输系统，应符合下列要求：**

- 1 数据传输之间采用开放的通信协议和标准数据传输方式，数据传输宜采用有线传输方式，有线传输难以实现时，可采用无线传输方式；
- 2 根据工程实际选用定时、随机、实时、直接等通信方式；
- 3 远程数据传输必须采用具有校验功能的通信协议，能够及时纠正传输错误的数据包；
- 4 传输系统设计除满足上述规定外，尚应符合国家现行标准的有关规定。

**6.2.10 监测中心应符合下列要求：**

- 1 监测中心宜设置在采矿调度中心；
- 2 监测中心应配备计算机管理用的软硬件设施，满足石灰岩矿山安全生产、边坡工程维护与管理的需要；
- 3 监测中心应配置专用调度和行政电话。

**6.2.11 自动化监测数据存储，应符合下列要求：**

- 1 所有原始监测数据应全部储存入数据库；
- 2 数据存储应采用开放型的标准关系数据库，并具有足够的数据库容量和网络共享功能，良好的可扩充性和快速的检索功能；
- 3 存储的监测数据应能够便于维护、定期自动的备份和数据库应用开发，备份的数据与主数据库存放在不同服务器中；
- 4 所有监测历史数据可转换为 TXT、Excel 等多种文件格式保存，并能够满足监测中心数据库对数据的备份、共享和数据传递等操作。存储的数据需要时可方便地提取，在通用的计算机中读取。

**6.2.12 自动化监测计算机管理应符合下列要求：**

- 1 自动化监测系统配置相应的专用系统软件；
- 2 能够对有效数据进行统计和分析，并自动生成各种报表和分析图表；
- 3 可人工录入监测数据及巡查报告；
- 4 具备安全管理功能。

## 7 监测设备及技术要求

### 7.1 变形监测

#### 7.1.1 表面位移监测

a) 表面位移监测设备类型：地表水平位移监测宜采用 GNSS、智能全站仪等设备；竖向位移监测可采用 GNSS、智能全站仪等设备；当监测范围较大且监测精度要求不高时，可采用近景摄影测量、三维激光扫描或合成孔径雷达干涉测量(InSAR)等。

b) 主要技术参数：

表 6.1.1-1 GNSS 监测设备主要技术参数

参数类型	精度标准		防护等级	设备可靠性
	水平	垂直		
技术指标	2.5mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	IP67	MTBF 指标不低于 10000 小时

表 6.1.1-2 智能全站仪设备技术参数

一测回读数较差 (mm)	单程测回较差 (mm)	气象数据测定的最小度数		往返较差(mm)
		温度(°C)	气压(kPa)	
8	10	0.2	50	$\leq 2(a+b \cdot D)$

注：1、一测回是全站仪盘左、盘右各测量一次的过程；

2、测距往返较差由经加乘常数改正且归化至同一高程面的平距计算；计算时，a、b 分别为相应等级所使用仪器标称的固定误差和比例误差系数，D 为测量斜距(km)；

3、测量斜距是在经气象改正和仪器的加、乘常数改成后进行的水平距离计算。

#### 7.1.2 深部位移监测

a) 设备类型：深部水平位移监测可采用固定式测斜仪或绞盘式自动测斜仪等设备；深部垂直位移监测宜采用单点沉降计、分层沉降仪等设备。

b) 主要技术参数

表 6.1.2 深部位移主要技术参数

参数类型	设备类型		
	测斜仪	单点沉降计	分层沉降仪
量程	$\pm 30^\circ$	200mm	/
精度	$\pm 0.25\text{mm/m}$	0.1mm	$\pm 2.0\text{mm}$
分辨率	$\pm 0.02\text{mm}/500\text{mm}$	0.05mm	$\pm 1.0\text{mm}$
防护等级	IP68		

#### 7.1.3 边坡裂缝监测

a) 设备类型：宜采用拉绳式位移计、裂缝计等设备。

b) 主要技术参数

表 6.1.3 裂缝计主要技术参数

参数类型	量程	精度	防护等级
技术指标	0~20/50/100/200/500cm	0.5mm	IP66

## 7.2 应力监测

### 7.2.1 设备类型

宜采用光纤光栅土压力传感器等监测元件和相应的测读仪进行。当无法安装监测元件时，可采用位移监测等间接方法监测。

### 7.2.2 主要技术参数

表 6.3.1 压力计主要技术参数

参数类型	量程	分辨率	精度	防护等级
技术指标	>设计最大压力值的 2 倍	0.2%F·S	0.5%F·S	IP67

注：1、土压力传感器具有足够的抗压强度、抗腐蚀性和耐久性，并具有抗震和抗冲击性能。

2、压力传感器设置于含水土层中时，能保持在特定水压条件下正常使用。

## 7.3 爆破震动监测

### 7.3.1 设备类型

振动监测可选用振动仪等设备，振动仪宜内置加速度传感器及速度传感器。

### 7.3.2 主要技术参数

表 6.3.1 振动仪主要技术参数

参数类型	信号主频范围	灵敏度	动态响应
技术指标	0.01~10000Hz	0.5V/g 以上	95dB 或以上

## 7.4 水文气象监测

### 7.4.1 渗透压力监测

a) 设备类型：孔隙水压力监测宜采用孔隙水压力计，孔隙水压力计可选用钢弦式孔隙水压力计、压阻式孔隙水压力计等类型。

#### b) 主要技术参数

表 6.4.2 孔隙水压力计主要技术参数

参数类型	量程	分辨率	精度
技术指标	上限宜取静水压力和预估的超静孔隙水压力之和的 2 倍	0.2%F. S	0.5%F. S

### 7.4.2 地下水位监测

a) 设备类型：地下水位监测宜采用水位孔内设置水位计方法，可选用投入式水位计等设备。

b) 主要技术参数：水位计量测精度不宜低于 20mm。

### 7.4.3 降雨量监测

a) 设备类型：降雨量监测可选用自记雨量计、遥测雨量器或自动预报雨量器等仪器设备，雨量

计包括翻斗式、称重式、轮盘式、虹吸式、压电式等类型。

b) 主要技术参数

表 6.4.3 雨量计主要技术参数

参数类型	测量范围	精度	分辨率
技术指标	0~8mm/min(毫米/分)	±4%	0.2mm

## 7.5 图像与视频监控

### 7.5.1 设备类型

图像与视频监控设备主要包括网络摄像机、云台/支架、防护罩等。

### 7.5.2 主要技术参数

#### 7.5.2.1 监测图像质量指标

- a) 标清图像分辨率大于或等于  $704 \times 576$ ，高清图像分辨率大于或等于  $1280 \times 720$ ;
- b) 最低照度：彩色模式小于或等于  $0.1\text{lx}$ ，黑白模式小于或等于  $0.01\text{lx}$ ;
- c) 摄像机的宽动态能力大于  $100\text{dB}$ 。

#### 7.5.2.2 视频监控 IP 网络性能参数指标

- a) 端到端通信的网络时延上限小于  $100\text{ms}$ ;
- b) 端到端通信的时延抖动上限小于  $20\text{ms}$ ;
- c) 端到端通信的丢包率上限小于  $1 \times 10^{-5}$ ;
- d) 端到端通信的包误差率上限值为  $1 \times 10^{-4}$ 。

#### 7.5.2.3 视频帧率指标

本地录像时可支持的视频帧率不低于  $25\text{ 帧/s}$ ；图像格式为 CIF 时，网络传输的视频帧率不低于  $25\text{ 帧/s}$ ；图像格式为 4CIF 以上时，网络传输的视频帧率不低于  $15\text{ 帧/s}$ ，重要图像信息宜  $25\text{ 帧/s}$ 。

7.5.2.4 网络摄像机、云台/支架设备、防护罩设备、显示设备、存储设备选型原则可参考附录进行确定。

## 7.6 巡查监测

7.6.1 宏观巡查宜以目测为主，可辅以量尺等设备进行。

7.6.2 宏观巡查情况应做好记录。检查记录应及时整理，并与仪器监测数据进行综合分析。宏观巡（调）查记录表格格式见表 B.1。

7.6.3 巡查如发现异常和危险情况，应及时通知委托方及其他相关部门。

## 8 监测设备安装与调试

### 8.1 一般规定

#### 8.1.1 设备安装基本要求

a) 监测仪器设备安装前应进行校正、标定和测试，正常时方可安装使用。仪器设备安装按照仪器设备说明书执行。

- b) 监测设备安装前对每个监测传感器进行编号，便于后续查询、维护。
- c) 监测网点施工安装结束后，对土建、仪器设备及软件平台等进行系统性的检查验收，做好记录，并归入档案。

### **8.1.2 设备安装记录**

监测仪器设备安装、测试过程应进行详细记录，监测网点建点记录表宜按附录 E 进行确定。

### **8.1.3 设备防护标识**

自动化监测点宜设置必要的警示标语、标牌和围栏等防护装置。防护装置醒目，结构合理、稳固、耐久。

## **8.2 监测设备安装**

### **8.2.1 智能全站仪安装**

- a) 架起脚架（最好三条腿成  $60^\circ$ ，提高稳定性；脚架中心尽量对准测站点）；
- b) 安装固定仪器（观看光学对中器，调整脚架方位使对中器中心圆圈对准测站点）；
- c) 调整脚架高度，使圆水准器气泡居中（粗平）；
- d) 调整螺旋按钮，使管水准器气泡居中（精平）。

### **8.2.2 GNSS 监测仪器设备安装**

- a) 采用 GNSS 进行水平位移观测时宜采用静态测量模式；
- b) 新购置的接收设备在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；
- c) 作业参数：有效观测卫星数 $>4$ ，卫星截止高度角 $\geq 15^\circ$ ，观测时段长度 $>20\text{min}$ ，数据采样间隔  $10\text{min}\sim 30\text{min}$ ，PDOP $<6$ ；
- d) 宜采用零相位天线，削弱多路径误差，对中误差不大于  $0.5\text{mm}$ ；
- e) GNSS 基准站、监测点选址及建设宜按本指南附录执行。

### **8.2.3 深部水平位移监测设备安装**

- a) 深部水平位移监测宜与地表位移监测点在同一垂线方向，根据现场情况可进行调整，水平距离应保持在  $15\text{m}$  范围以内。
- b) 测斜管埋设在岩土体中宜用钻孔法，在支挡结构中宜采用绑扎法。当采用钻孔法时，钻孔直径不宜小于  $110\text{mm}$ ，孔深垂直度偏差不宜大于  $\pm 3^\circ$ 。
- c) 测斜管安装埋设、管口保护宜按附录执行。

### **8.2.4 裂缝监测设备安装**

- a) 设备安装时综合考虑考虑裂缝的变化方向，避免因物理形变导致的数据不准确或设备损坏；
- b) 在主裂缝位置尽可能垂直穿过裂缝安装，拉绳必须通过保护管进行保护，激光式裂缝计标靶必须固定，且标靶面积不小于  $500\text{mm}\times 500\text{mm}$ ；
- c) 裂缝扩展监测点，宜布设在裂缝的最宽处和裂缝的末端。监测裂缝相对位移时，宜在裂缝两

侧埋设单向、双向或三向观测墩（桩、标）。

### 8.2.5 压力计设备安装

- a) 埋设位置根据土层性质、挡土结构特点、施工工艺、荷载大小及作用条件等进行设置。
- b) 传感器承压面与结构物表面接触紧密，并保持与应力方向垂直；
- c) 当安装埋设采用埋入式时，填充料回填均匀密实；
- d) 当采用边界式时，可采用焊接固定法、挂布法、气囊法等；
- e) 埋设过程中有压力膜保护措施，传感器周边设置柔性缓冲保护层。

### 8.2.6 地下水位监测设备安装

#### 7.2.6.1 水位管安装

- a) 水位孔应呈三角形布置，且其中两孔垂直边坡走向，布置间距宜为 20m~50m，钻孔孔径不小于 110mm，潜水水位管直径不宜小于 70mm；
- b) 水位管钻孔不应使用泥浆护壁，钻孔完成后应进行清洗，水位管顺直且内壁光滑，底部设置沉淀管；
- c) 水位管管底埋置深度在最低设计水位或允许地下水位之下 3m~5m；
- d) 水位管管口高出地面 100mm 以上并加盖保护；
- e) 水位管与孔壁缝隙，滤管段灌砂填实，滤管段之上用膨润土球封至孔口。

#### 8.2.6.2 水位计安装

- a) 水位管埋设稳定后，测定水位管管口高程，管口高程定期检核；
- b) 水位计投入前检查传感器的导线和测量用导线连接可靠性；
- c) 设备安装完成之后，逐日测量 3 天，以稳定的读数作为初始读数。

### 8.2.7 孔隙水压力计安装

- a) 孔隙水压力计埋设方法可采用钻孔埋设、压入法和直接填埋法。
- b) 安装前孔隙水压力计浸泡饱和，排除透水石中的气泡。
- c) 钻孔埋设应自下而上依次进行，孔隙水压力计周围回填中粗砂封埋，上部再以干膨润土球封孔。当孔内埋设多个孔隙水压力计时，其间隔不小于 1m，并回填干膨润土球将相邻传感器封闭隔离；
- d) 在软弱土层中埋设单个孔隙水压力计时，宜采用压入埋设法。
- e) 填方工程中宜采用填埋法，在填筑过程中将孔隙水压力计埋入预定深度。

### 8.2.8 雨量计安装

- a) 雨量传感器承水口呈水平状态，承水口高度不低于 0.7m；
- b) 安装仪器的基座基础、立杆应稳固，保证仪器在暴风雨中不发生抖动和倾斜。
- c) 雨量计防风圈安装能便于观测，并减弱器口处气流对降水的影响，雨水不溅入承雨器口。
- d) 仪器安装完毕后应复核承雨器口是否水平，测定安装高度和观测场地面高程。

### 8.2.9 振动仪安装

a) 振动仪传感器宜采用钻孔安装，孔径宜为传感器外径的 1.3~1.5 倍，钻孔深度宜达至中风化基岩至少 1m，且孔深不应小于 3m。

b) 当条件限制传感器只能埋设在断层或其他破碎岩层中，应采用导波杆作为辅助工具。

### 8.2.10 图像与视频监测设备安装

a) 摄像机安装可根据现场情况采用立杆、水平支架安装，监测杆安装应避免影响公路交通及周围正常工作；

b) 摄像机如采用立杆方式安装，宜选用镀锌不锈钢管，立杆管径不低于 140mm，建议摄像头在水平状态下离地高度不低于 5m；

c) 摄像机镜头避免强光直射、避光安装，保证在野外恶劣环境下的正常稳定工作；

d) 云台及云台解码器与摄像机的连接方式应按照云台解码器产品接线；

e) 摄像机在安装时确保每个进线孔采用专业防护措施，以免对摄像机电路造成破坏。

### 8.2.11 数据采集传输系统基站的安装

a) 太阳能支架固定在立杆上，确保太阳能板受力均匀，朝向为南向；

b) 设备安装完成后，整理接线并对安装的所有监测仪器支架进行接地电阻测试；

c) 连接太阳能电池板与充电控制器线缆，检测太阳能充电控制器负载端输出电压。

## 8.3 监测仪器设备调试

### 8.3.1 安装调试检查

逐项检查监测仪器设备的安装方向，核对接入点，检查仪器参数设置，确保系统平台配置与实际接入监测仪器准确对应。

### 8.3.2 人工校核

对有条件的监测点，安装完毕后，宜采用人工校核手段，人工干预给予一定物理量变化，检查自动化仪器设备的响应变化是否可靠。

### 8.3.3 数据稳定性测试

对每个自动化监测点进行快速连续测试，以检查测值的稳定性。

### 8.3.4 数据采集传输测试

应检查数据采集、传输通讯情况，查看远程服务器是否收到测试数据及收到的测试时间、数据量，并检查分析测试数据的合理性。

### 8.3.5 数据异常处理

如数据异常，依次检查传感器、供电电源、数据采集传输系统、传输天线，排除故障直至传输正常。



## **9 监测运行与维护**

### **9.1 一般规定**

#### **9.1.1 监测运行维护工作内容**

- a) 硬件设施维护，包括仪器各模块测试、仪器校正、传感器标定和供电设施维护；
- b) 软件的更新与维护，包括参数设置、显示、存储的正确性，系统版本的升级、系统漏洞的修复和增装系统补丁。

#### **9.1.2 数据异常响应**

工作期内出现数据异常的监测仪器设备，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。

#### **9.1.3 设备维护记录**

充分利用信息系统进行设备故障统计，及时发现问题并进行维护，维护工作应及时上报系统存档记录，记录表宜按附录 H 进行确定。

### **9.2 监测仪器设备运行维护**

#### **9.2.1 变形监测设备检查维护**

- a) 智能全站仪宜有专人负责监管，宜每年至少开展一次仪器检测。
- b) 裂缝计每季度检查出线口，避免灰尘堵塞，影响钢丝绳收放；检查钢丝绳绷紧程度，对过松的裂缝计采取紧固措施。

#### **9.2.2 应力监测设备检查维护**

宜每季度开展一次监测进展、监测设备运转的现场巡视检查，汛期内每月开展一次设备运行状态检测。

#### **9.2.3 地下水监测设备检查维护**

- a) 井口固定点标志、校核水准点及基本水准点因人为或自然灾害发生位移或损坏时，及时修复并重新引测高程；
- b) 每 3 年~5 年进行 1 次透水灵敏度试验。
- c) 管式土壤含水率计和投入式水位计损坏时，及时取出更换重新安装。地下水监测的其他埋入式传感器损坏后废弃重新在原位置附近埋设新传感器代替。

#### **9.2.4 环境监测设备检查维护**

- a) 降雨量自动化监测仪器每年检查维护不少于 2 次。特大暴雨过后，对暴雨中心区域的监测设备检查维护 1 次；
- b) 检查维护前先下载降水量数据，检查时间误差，然后断开信号线和电源线，再进行仪器拆装、

调试等操作。注水试验后，清除仪器内部存留水量，清除试验数据，复核仪器参数设置是否正确；

c) 检查承雨器口水平，器口平面水平倾斜度小于  $1^{\circ}$  ；

d) 清洁内外仪器，过水部件汇流畅通、无堵塞。

### **9.2.5 图像与视频监测设备检查维护**

a) 图像与视频监测维护保养的设备包括摄影部分的摄像头、云台球罩、视频服务器、硬盘录像机或网络视频录像机，传输部分的路由器、防火墙和无线 AP，显示部分的视频显示设备、图像控制器、视频矩阵切换器和数字解码器等。

b) 当摄像机直连监视器的图像质量较低、视频压缩编码器时延较高、路由器、防火墙和无线 AP 任一接口故障或不能正常工作及视频显示设备如出现不能正常开机、分辨率下降、图像显示不稳定、有持续干扰信号等故障，及时检查、维修或更换。

### **9.2.6 供电设施维护**

a) 具备电量自动测量功能的仪器设备，定期观察仪器电池电量；无电量自动测量功能的仪器设备，每月进行人工检查。对电量不足的仪器设备，及时进行人工充电或更换电池。

定期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，及时修剪树枝。

## **10 数据处理分析与预警**

### **10.1 监测数据处理分析**

#### **10.1.1 数据预处理**

应对监测数据进行去噪、滤波、异常剔除等预处理，保证数据质量。

#### **10.1.2 现状分析**

应实时分析变形量、变形速率等监测数据，及时编录与整理监测资料，并结合基础资料、时程曲线、相关性分析，综合判断边坡变形现状。

#### **10.1.3 曲线分析**

监测数据分析包括边坡变形量与变形速率、应力应变情况、地下水动态及环境情况变化等，生成监测时程曲线等。

#### **10.1.4 相关性分析**

相关性分析宜编制位移量（包括绝对和相对）与降雨量变化关系曲线图、变形位移量与地下水位变化关系曲线图、倾斜位移量与降水量变化关系曲线图、倾斜位移量与地下水位变化关系曲线图等。

### 10.1.5 数据统计归档

按一定间隔时间对数据库内的监测数据进行分析统计并分类建档。

## 10.2 监测预警

### 10.2.1 预警预报

1 露天石灰石矿边坡工程监测预警预报，按时间可划分为中长期预报、短期预报和临灾预报。

2 露天石灰石矿边坡工程监测预警预报应根据监测反馈信息分阶段提出，并符合下列要求：

1) 中长期预报，应在月报、季报、年报中提出；

2) 短期和临灾预报，应做到随时出现随时提出，并以专报形式提交。

3 露天石灰石矿边坡安全预警预报应综合考虑边坡体及影响范围内的水平位移、竖向位移、裂缝和坡脚隆起的发展趋势。露天石灰石矿边坡工程安全预警预报应按照本规范附录 L 的规定执行。

### 10.2.2 动态调整

预警级别应根据监测数据分析动态调整，并符合下列规定：

1) 监测数据分析显示边坡变形加速，变形失稳前兆明显，宜提高边坡预警级别。

2) 监测数据分析显示边坡变形趋于平稳，无新增明显变形迹象，或处治后变形趋于平稳，宜降低边坡预警级别或者解除预警。

### 10.2.3 危险报警

边坡监测期间现场核查时遇到下列情况应及时报警：

1) 有软弱外倾结构面的岩土边坡支护结构坡顶有水平位移迹象或支护结构受力裂缝有发展；无外倾结构面的岩质边坡或支护结构构件的最大裂缝宽度达到报警值；

2) 坡面或坡顶邻近构筑物出现新裂缝、原有裂缝有新发展；

3) 根据当地工程经验判断已出现其他必须报警的情况。

**10.2.4 当监测过程中边坡工程发生下列情况之一时，必须立即预警，同时应增加监测频率并调整监测方案：**

1 变形量或变形速率出现异常变化、或达到、或超出预警值；

2 边坡影响范围内周边或坡面出现塌陷、滑坡迹象；

3 由于地震、暴雨、冻融等自然灾害引起的其他变形异常情况。

## 11 监测报告编制

### 11.1 一般规定

11.1.1 边坡监测，应按不同监测阶段与监测目的分别提出监测报告。

11.1.2 监测报告包括阶段性报告及总结报告。阶段性报告包括月度报告、季度报告、年度报告及专报；监测工作结束后，编制监测工作总结报告。

11.1.3 边坡监测报告，除形成纸质版报告外，还应生成通用格式电子文档。

## **11.2 监测报告编制**

11.2.1 边坡监测报告编制内容应包括文字说明、附图、附表与影像资料等。

11.2.2 边坡监测报告文字说明应内容丰富全面、章节条理清晰、结构层次合理、重点描述突出、计算分析合规、结论意见可信、文字简洁顺畅，宜包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 监测依据；
- 3 监测方案编制与实施；
- 4 监测仪器设备叙述（包括仪器设备名称、性能、精度、校验等）；
- 5 监测仪器设备安装埋设；
- 6 监测基准点的埋设；
- 7 工程地质条件；
- 8 水文地质条件；
- 9 边坡巡视和监测工作情况说明；
- 10 监测内容与监测结果；
- 11 综合计算与分析；
- 12 结论意见；
- 13 下阶段工作建议。

**11.2.3** 边坡监测报告附图、附表资料数据来源应有据可查、真实可靠；图表清晰美观、结构构架合理；统一分类编号，宜包括下列内容：

- 1 矿区总平面图；
- 2 采场边坡设计图；
- 3 监测边坡剖面图；
- 4 变形监测控制网布设图；
- 5 变形监测监测网布设图；
- 6 位移矢量图（水平位移矢量图、垂直位移矢量图、水平与垂直位移迭加分析图）；
- 7 位移历时曲线图；
- 8 位移与深度关系曲线图；
- 9 地下水动态与时间关系曲线图；
- 10 地下水水位与疏干降水关系曲线图；
- 11 边坡出水流量与疏干降水关系曲线图；
- 12 爆破监测质点振动速度、加速度历时曲线；
- 13 边坡巡视记录表；
- 14 地下水位监测记录表；

15 各变形监测记录表；

16 其他图表。

**11.2.4** 边坡监测报告影像资料来源应真实可靠、影像清晰、分别标明拍摄时间地点与方位等，宜包括下列内容：

- 1 原始地形地貌的影像资料；
- 2 边坡影响范围内出现裂缝的影像资料；
- 3 边坡影响范围内出现隆起的影像资料；
- 4 边坡巡视影像资料；
- 5 矿建设与生产过程中，边坡形成的影像资料；
- 6 其他影像资料。

### **11.3 监测总结归档**

监测工作总结归档资料包括以下内容：

- a) 委托合同
- b) 监测方案
- c) 监测系统建设和验收记录
- d) 监测数据（包括手工记录数据和自动监测数据）
- e) 各种原始记录卡片、图片及影像资料
- f) 各阶段性监测报告
- g) 监测工作总结报告。

## 附录 A 监测预警工作流程

边坡监测预警工作流程应按下列步骤进行：

- (1) 接受委托；
- (2) 现场踏勘，收集资料；
- (3) 制定监测方案，并报主管部门或委托单位审查认可；
- (4) 监测孔布置与验收，设备、仪器校验和元器件标定与安装；
- (5) 现场监测；
- (6) 监测数据的计算、整理、分析及信息反馈；
- (7) 提交阶段性监测结果和报告；
- (8) 监测工作结束后，提交总结报告和完整的监测资料。

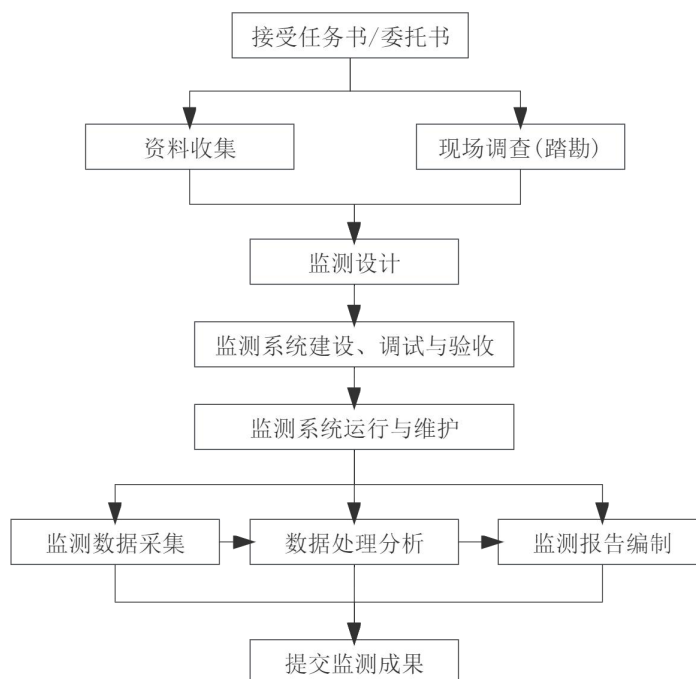


图 A.1 监测预警工作流程图

## 附录 B 监测方案编制大纲

- 1 工程概况
  - 1.1 项目概况
  - 1.2 监测范围与对象
  - 1.3 场地工程地质、水文地质及周边环境条件
- 2 监测目的和依据
- 3 监测等级、监测内容、监测项目及监测方法
- 4 监测系统设计
- 5 监测工作布置
  - 5.1 监测布置（基准点、监测点的布设与保护，监测点平面布设图）
  - 5.2 监测工作量
  - 5.3 监测精度
  - 5.4 监测周期
  - 5.5 监测频率
- 6 监测预警方案及应急措施
  - 6.1 监测预警方案（人工预警、阈值预警、自动化预警）
  - 6.2 应急措施
- 7 监测人员及组织
- 8 安全生产措施
- 9 监测资料整理与信息反馈

## 附录 C 监测范围示意图

边坡监测范围（见图 C.1）包括边坡体和不少于开挖面坡顶外影响区宽度，其中坡顶影响区宽度应大于挖方边坡开挖高度。

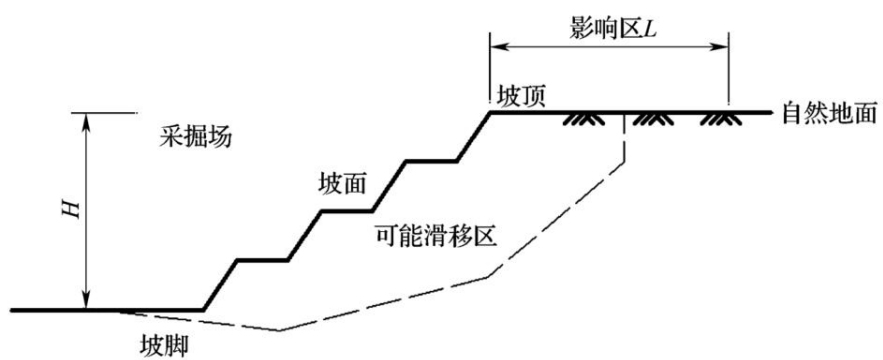


图 C.1 边坡监测范围示意图



## **附录 D 监测报告提纲**

### **D.1 监测月报提纲**

监测月报包括监测工作概况、监测成果与分析、监测结论及建议等内容，可按下列提纲编制。

#### **a) 前言**

包括监测对象及所采用的主要监测方法；任务要求与完成情况；预警相关事件说明。

#### **b) 监测工作概况**

包括监测工作组织情况；监测设备设施现状与性能；宏观地质巡查情况；数据处理说明；监测工作质量与影响监测质量因素；完成的工作量；存在的主要问题。

#### **c) 监测成果**

监测对象地质条件；各类监测要素的过程线图。

#### **d) 监测分析**

结合监测成果和宏观地质巡查结果，通过单点分析、剖面分析及综合分析，说明监测对象变形动态、应力状态和影响因素，分析变形发展趋势，判定监测对象稳定性状况，给出相应的预警等级。

#### **e) 监测结论与建议**

#### **f) 附件**

包括监测系统平面布置图；监测工作一览表等。

### **D.2 监测年报提纲**

监测年报包括监测工作概况、监测成果与分析、监测结论及建议等内容，可按下列提纲编制。

#### **a) 前言**

包括任务来源；任务要求及完成情况；预警相关事件说明。

#### **b) 监测工作概况**

包括自然地理及地质环境概况；监测工作评述；监测设备设施现状与性能；宏观地质巡查情况；数据处理说明；监测工作质量与影响监测质量因素；完成的工作量；存在的主要问题。

#### **c) 监测对象概况及监测成果分析**

监测对象地理位置、规模、主要危害及规划防治措施；监测对象基本特征；监测网点布设及监测内容；全部或部分给出各类监测要素的过程线图；结合监测成果和宏观地质巡查结果，通过单点分析、剖面分析及综合分析，说明监测对象变形动态、应力状态和影响因素，分析变形发展趋势，判定监测对象稳定性状况，给出相应的预警等级。

#### **d) 监测结论**

#### **e) 监测工作中存在的问题及建议**

#### **f) 附件**

包括监测系统平面布置图；监测系统剖面布置图；监测工作一览表等。

### **D.3 监测专报提纲**

监测专报包括专报事由、监测分析、结论及建议等内容，可按下列提纲编制。

#### **a) 前言**

包括任务来源、专报事由（如应急调查、预警等）等。

#### **b) 概况**

包括监测对象地理位置、规模及主要危害；基本特征；变形概述等。

#### **c) 监测分析**

包括监测成果（全部或部分监测要素过程线图）；监测分析；稳定性评价。

#### **d) 结论与建议**

## **附录 E 总结报告提纲**

### **E.1 正文**

监测成果总结报告包括项目概述、工作区地质环境条件、监测对象特征、监测网和监测系统组成与布置情况、监测内容与执行情况、监测结果分析、监测成果、结论及建议等内容，可按以下提纲编制。

#### **a) 项目概述**

包括任务来源、目的、主要监测过程、完成工作量、监测实施依据、测量基准等。

#### **b) 工作区地质环境条件**

包括自然条件、边坡地质概况及其自身稳定性状况等。

#### **c) 监测对象特征。**

包括监测对象基本特征、可能变形破坏模式及该破坏模式下稳定性评价等。

#### **d) 监测内容、监测方法和精度分析**

包括监测的具体内容、实际监测采取的方法，说明使用的监测设备的名称、型号、相关参数及监测精度级别。

#### **e) 监测网和监测系统组成与布置情况**

包括监测断面布设、基准点布设及监测点布设；监测网点布设方法与监测系统的优化调整情况。

#### **f) 监测内容与执行情况**

包括监测内容与项目、实际监测采取的方法、观测精度，说明使用的监测设备的名称、型号、相关参数及监测精度级别

#### **g) 监测结果分析**

说明监测数据采集的流程和误差消除的方法，编制相关表格，建立相关数据库，说明资料处理的方法，绘制相应的曲线并进行时序和相关分析。根据相关数据，分析监测对象的整体情况。

#### **h) 监测成果、主要结论与相关建议。**

分析监测对象现状及发展趋势，有针对性的提出防治建议和措施。

### **E.2 附图、附表**

监测成果总结报告的附图、附表包括以下主要内容：

#### **a) 边坡监测网、监测断面、监测点布置图。**

#### **b) 边坡监测内容、项目、仪器设备、观测方法、精度一览表。**

c) 地表位移、地表裂缝监测数据一览表，地表位移、地表裂缝变化与降雨、采矿主要节点关系图。

d) 地下水位、孔隙水压监测数据一览表，地下水位、孔隙水压变化与降雨、采矿主要节点关系图。

e) 深部数据监测一览表，深部位移随深度、时间变化曲线图，以及与降雨、采矿主要节点关系图。

附录 F 自动化监测设备现场安装记录表

F.1 自动化监测设备现场安装记录表见表 F.1。

表 F.1 自动化监测设备安装记录表

测点统一编号： 天气： 页码：第 页 共 页

边坡名称				管理单位			
边坡编号				地理位置			
路线名称					经度		
建点时间					纬度		
边坡类型				监测内容			
仪器型号及编号				生产厂家		生产日期	
出厂日期				是否标定		其他	
埋设位置	经度	纬度		高程		孔深	
埋设方式				孔口高程		孔底高程	
供电方式				充电电压及电池电压			
管材材质		外径/mm		导槽方向			
砂浆标号		注浆压力/MPa					
埋设示意图及相关说明							
施工过程图							
建设时间							
责任人	项目负责人		埋设人		观测人		
	验收人		监理				

填表单位： 填表人： 校核人： 审核人：  
填表日期： 年 月 日

## 附录 G GNSS 安装技术方法

### G.1 GNSS 基准站选址及建设

a) 基准站观测墩宜为钢筋混凝土结构，依据基准站建站地理、地质环境，观测墩可分为屋顶观测墩、土层观测墩和基岩观测墩。

b) 基准站距离易产生多影响效应的地物（如高大建筑、树木、水体、海滩和易积水地带等）和大功率无线电发射源（如电视台、电台、微波站等发射塔架）的距离大于 200m；

c) 基准站宜进行连续 24h 以上实地环境测试，基准站数据可用率大于 85%，多路径效小于 0.5；

d) 基准站宜选择年平均下沉和位移小于 2mm 的稳固位置，避开易产生振动的地带；考虑未来规划和建设，选择周围环境变化较小的区域进行建设；具有较好的安全保障环境，便于人员维护和站点长期保存；

e) 对于基岩观测墩，内部钢筋与基岩紧密浇筑，浇筑深度不宜小于 0.5m；对于土层观测墩，钢筋混凝土墩体地下埋深不宜小于 1m。

### G.2 GNSS 监测点选址原则

a) 采用 GNSS 监测时，视场内障碍物高度角不宜超过 15°；

b) 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，远离高压输电线和微波无线电传送通道，其距离不得小于 50m；

c) 天线高度不低于 2 米。

### G.3 GNSS 观测基础建设原则

a) GNSS 立杆直径 $\geq 140\text{mm}$ ，管壁厚度 $\geq 3\text{mm}$ 。

b) 观测墩采用现浇混凝土施工工艺，混凝土强度等级 C15。

c) 立柱浇筑结束时安装强制对中标志，并严格整平。

d) 观测墩基坑宜为 600mm $\times$ 600mm $\times$ 600mm 混凝土底座跟表面平行。

### G.4 GNSS 观测墩及立柱支架

结构示意图见图 F.4-1- F.4-5（单位：mm）。

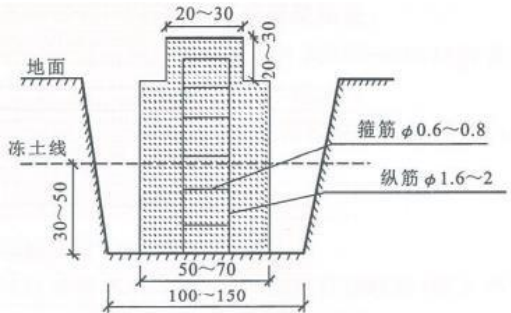


图 G.4-1 卫星定位系统观测墩结构示意图

## 附录 H 深部水平位移监测仪器安装技术方法

### H.1 测斜管安装埋设

a)测斜管埋设前，对钻孔孔口标高、深度、孔内地下水位、有无塌孔以及测斜管加工质量、测斜管各段长度、接头、管帽等进行细致检查并做好记录、存档；

b)测斜管安装时，确保测斜管其中一组导槽平行于边坡坡面的倾向方向，当监测对象为潜在滑坡体时，使测斜管其中一组导槽平行于潜在滑坡的主滑动方向。测斜管连接时，要使导槽上下对正，并保证各段测斜管垂直度偏差不大于  $1^\circ$ ；

c)将测斜管底封闭，测斜管两端接头要密封，以防泥浆或流砂渗入，堵塞测斜管；

d)测斜管安装完毕后，管壁周围空间宜采用粗砂进行回填.回填时保证填充质量，可采用适量冲水加以密实。

### H.2 测斜管管口保护

a)测斜管安装完成后，设置管口保护装置；

b)管口保护装置可采用管帽、混凝土预制件、现浇混凝土或砖石砌筑，以能防止人畜破坏。但结构要力求简单、牢固，并能便于锁闭与开启；

c)保护墩尺寸和形式，根据边坡位移检测的具体情况而定。

### H.3 钻孔倾斜仪

安装示意图见图 J.3-1~ J.3-2。

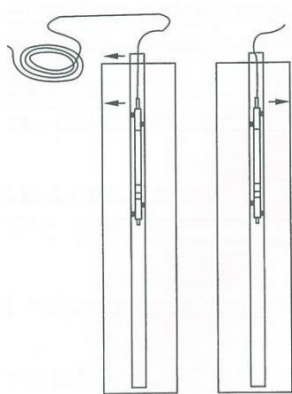


图 H.3-1 钻孔测斜仪安装示意图

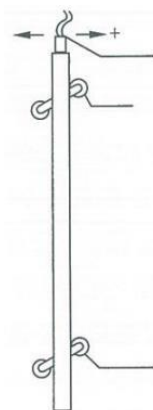


图 H.3-2 钻孔测斜仪外观示意图

附录 J 自动化监测设备检查维护记录表

表 J 监测点检查维护记录表

测点统一编号：（示例：LX01）      天气      晴      页码：第 X 页 共 X 页

边坡名称			管理单位		
边坡编号			地理位置		
路线名称			坐标	经度	
建点时间				纬度	
监测内容			监测方法		
设备名称		设备型号		设备编号	
外观完好情况					
土建完好情况					
设备完好情况					
环境改变情况					
维修情况					
其他需说明的情况					
维护计划及完成情况					

填表单位：      填表人：      校核人：      审核人：

填表日期：      年    月    日

## **附录 K 宏观巡查内容及方法**

### **K.1 宏观巡查内容**

L.1.1 地表破坏现象，包括以下主要内容：

a) 地表裂缝出现的时间、位置、组合形态、延伸方向、长度和裂缝的张开（闭合）、裂缝两侧岩土相对水平错动、垂直下沉等变化；

b) 局部岩、土体的鼓胀、坍塌位置、范围、面积、形态特征及发生、延伸时间；

c) 地面局部沉降位置、形态、面积、幅度及发生、延续时间；

d) 建（构）筑物变形、裂缝的变化及发生持续时间；

e) 地下硐室变形和破坏情况及发生持续时间；

f) 悬崖或高陡边坡的崩石频度与崩石量的变化情况；

K.1.2 地声异常，包括地声发生的位置、性质、强度、频度等。

K.1.3 动植物异常，包括致灾体上的动物（鸡、狗、牛、羊等）有无异常活动现象；崩塌体上的植物（树木、草等）有无异常枯死现象。

K.1.4 地表水和地下水异常，包括地表水、地下水水位突变（上升或下降）或水量突变（增大或减小），水质突然浑浊，泉水突然消失或者突然出现新泉等。

K.1.5 人类工程活动，包括开挖、加载、爆破等工程活动的时间、地点、范围、强度、频度等。

### **K.2 宏观巡查方法与要求**

K.2.1 宏观巡查宜以目测为主，可辅以量尺等设备进行。

K.2.2 宏观巡查情况应做好记录。检查记录应及时整理，并与仪器监测数据进行综合分析。宏观巡（调）查记录表格格式见表 B.1。

K.2.3 巡查如发现异常和危险情况，应及时通知委托方及其他相关部门。

表 L.1 宏观巡（调）查记录表

项目名称： 巡查日期： 年 月 日 时

序号	内容	宏观现象描述	备注
1	地表破坏现象		
2	地声异常		
3	动植物异常		
4	地表水和地下水异常		
5	人类工程活动		
6	其它		
7			
8			
9			
初步结论			

监测单位： 监测人： 校核人： 审核人：



## 附录 L 边坡预警预报

变形破坏阶段		I 蠕动变形	II 等速变形	III 加速变形	IV 临滑	预报适宜性
1	变形速率判据	减 速 变 形 切线角 $\alpha$ 由大变小, 甚至弯曲下弯	等速变形 $\alpha$ 角近恒定值, 曲线向上呈微斜直线	变形加速, $\alpha$ 角由恒定变陡, 曲线上弯	变形急剧, $\alpha$ 角陡立曲线近陡直	临滑预报, 长中、短期趋势预报
	监测位移曲线跟踪法					
2	蠕变曲线切线角( $\alpha$ )和矢量角判据	位移矢量角 $\alpha$ 渐小至 0	位移矢量角 $\alpha$ 等值增大	位移矢量角 $\alpha$ 由等值增大到非等值(加速)增大	$\alpha=\tan^{-1}dx/dt=70^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 位移矢量角突然增大或减小	
	指数平滑法, 卡尔曼滤波法, 多元线性相关分析法					
3	变形速率判据				$t_0=\frac{V_{cr}-\alpha_2}{2\alpha_3}$	
	指数平滑法与非线性回归法相结合					
4	斋腾迪孝法				$t_i-t_1=\frac{\frac{1}{2}(t_2-t_1)^2}{(t_2-t_1)-\frac{1}{2}(t_3-t_1)}$	临滑预报, 中、短期趋势预报
5	稳定系数(K)判据		$1.05 \geq K \geq 1.0$	$1.0>K \geq 0.96$	$K<0.96$	临滑预报, 长、中、短期趋势预报
	极限分析法					
6	0.618 比例判据		$T_1$	$T_2=0.618T_1$		临滑预报, 中、短期趋势预报
	黄金分割数法					
7	力学图解法	$\alpha<\omega, \alpha> \omega$ ;滑移 $\alpha>\omega, \alpha< \omega$ ;倾倒; $\alpha>\omega, \alpha> \omega$ 滑移、倾倒				临滑预报
8	变形行迹判据	后缘断续拉张裂缝	后缘不连续拉张裂缝, 两侧羽状裂缝, 后缘微错落下沉	后缘弧形拉裂圈与两侧纵向剪张裂缝趋于连接, 后缘错落下沉, 前缘微鼓胀	后缘弧形拉裂圈与两侧纵向剪张裂缝贯通, 后缘壁和前缘鼓胀形成, 前段滑床岩层倾角变陡, 并呈现挤压褶皱、裂缝和压碎	临滑预报, 长、中、短期趋势预报
	宏观地质调查法					
9	宏观先兆判据				局部小崩小滑日趋频繁, 地下水变化异常, 地声, 地热现象, 动物行为异常, 超长降雨和地震	
	宏观调查法					
预警预报等级		预测级(中长期预报)		预报级(短期预报)	预警级(临灾预报)	
		位移以月变量为依据, 至少每周监测 1 次		位移以日变量为依据, 至少每日监测 1 次	跟踪监测曲线进行	
注 1: 预报方法和预报判据 3 中, $t_0$ 为滑坡失稳时间; $v_{cr}$ 为临界破坏速率, 用类比或相似模型试验确定; $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 为回归系数。 注 2: 预报方法和预报判据 4 中, $t_i$ 为滑坡失稳时间; $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 为滑坡加速变形阶段监测点时间—位移曲线上的时间。 注 3: 预报方法和预报判据 7 中, $\alpha$ 为岩层(或软弱层)倾角; $\omega$ 为变形岩体倾倒临界角; $\alpha$ 为变形岩体内软弱面内摩擦角。						