

# 中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0223—2004

## 崩塌·滑坡·泥石流监测规程

---

为了保护地质环境，防治地质灾害，减轻人民生命、财产损失，促进社会安定和国民经济建设，制定本规程。

### 1 题内容与适用范围

1.1 本规范规定了崩塌、滑坡(含崩滑危岩体，统称崩滑体，下同)变形和泥石流活动的监测内容、监测方法、监测点网布设、监测资料整理等技术要求，以及变形破坏或活动预报等。

1.2 本规范适用于已经发生过且可能继续或再次发生崩滑变形破坏和泥石流活动的监测，以及有可能发生崩滑的自然的或人工的斜坡变形破坏和泥石流活动的沟槽(或斜坡)的监测。

### 2 引用标准

ZBD 14001—89	《工程地质编图规范》(1：50 万～1：100 万)
ZBD 14002—89	《工程地质调查规范》(1：10 万～1：20 万)
ZBD14003—89	《工程地质调查规范》(1：2.5 万～1：5 万)
DZ / T0060—93	《岩溶地区工程地质调查规范》(1：10 万～1：50 万)
GB12328—90	《综合工程地质图图例及色标》

### 3 术语

**3.1 崩塌** 在一定的自然条件与地质条件下,组成斜坡的部分岩土体,在以重力为主的作用下,向下(多数悬空)崩落的块体运动。规模大的称山崩。有可能崩落的岩体称危岩体。

**3.2 滑坡** 在一定的自然条件与地质条件下,组成斜坡的部分岩土体,在以重力为主的作用下,沿斜坡内部一定的软弱面(带,一个或多个)发生剪切而产生的整体下滑破坏。滑坡的下滑速度,一般较慢,但有的为高速。

**3.3 泥石流** 在一定的自然条件与地质条件下,沟谷中或斜坡上,饱含大量泥土和大小石块等固、液两相流体,呈粘性层流或稀性紊流。泥石流形成、爆发的主要条件是:有利的地形,丰富的土石固体物质,大量且集中的水源。

崩塌、滑坡和泥石流之间,都有一些过渡类型,详见附录。它们往往突然发生,来势凶猛,历时短暂,破坏力强。

**3.4 地质环境** 由岩石圈、水圈、大气圈组成的体系,主体由岩石圈及其风化产物—土壤两大部分组成。

地质环境是地球演化的产物,是在最新造山运动与第四纪最后一次冰期后形成的。人类及其他生物依赖地质环境而生存和发展,同时,人类及其他生物的活动又不断改变着地质环境的化学成分和结构特征。

**3.5 地质灾害** 在自然和(或)人为因素作用或影响下,直接或间接恶化环境,降低环境质量,危害人类和生物圈安全与发展的地质事件,统称地质灾害。狭义的定义是:在自然和(或)人为因素作用下或影响下,对人民生命财产、经济建设和环境造成损失的地质事件。按致灾速度,地质灾害可以分为突发性的和缓慢性的两大类。

## **4 总则**

### **4.1 监测目的与任务**

**4.1.1** 研究崩滑体、泥石流的地质环境、类型、特征,分析其形成机制、活动方式和诱发其变形破坏或活动的主要因素与影响因素,评价其稳定性。为地区经济开发规划和建设计划提供资料,促进经济建设顺利进行。

**4.1.2** 研究和掌握崩滑体变形破坏与泥石流活动的规律及其发展趋势,为灾害防治提供资料,并指导防治工程施工,检验防治工程效果,保证防治工程质量和效益。

4.1.3 研究、制定崩滑体变形破坏判据和泥石流活动判据，及时地按程序进行预报。预报灾害发生、发展及其时间、空间和强度，避免人员伤亡，减少经济损失，不断提高预报准确率。

## 4.2 监测站(点)等级划分

4.2.1 崩滑体、泥石流监测站(点)，按所处位置的重要性划分成三级，见表 4.2.1。

表 4.2.1 监测站(点)分级表

监测站(点)分级	所处位置的重要性	一旦失稳或活动的危害性	受保护(或致灾)对象	
			居民人数(人)	基本建设直接经济价值
I 级	特别重要	特别大	>1000	按当地经济状况确定
II 级	重要	大	1000~500	按当地经济状况确定
III 级	较重要	较大	<500	按当地经济状况确定

4.2.2 所处位置同等重要的崩滑体、泥石流，在每一级内按其规模大小分为三等，见表 4.2.2。

表 4.2.2 监测站(点)分等表

监测站(点)分等	崩滑体体积( $\times 10^4\text{m}^3$ )	泥石流一次最大冲出土石体积( $\times 10^4\text{m}^3$ )
a 等	>1000	>50
b 等	1000~100	50~20
c 等	<100	<20

4.2.3 未列入专门监测对象又有一定活动性的崩滑体、泥石流，可列入群(众)测群(众)防对象，发动、组织当地居民进行监测，专业监测部门负责技术指导。

## 5 基本要求

5.1 对确定进行监测的崩滑体和泥石流，必须有相应的地质调(勘)查等资料做依据。这些

资料是：

#### 5.1.1 地质调(勘)查报告(或说明书)。主要内容包括：

a. 自然条件和地质条件，包括：水文气象，地形地貌，地层岩性，地质构造，地震和新构造运动，水文地质条件等。

b. 崩滑体、泥石流的特征与成因，包括：规模、类型和一般特征，形成条件和发育过程，变形或活动特征等。

c. 崩滑体、泥石流的稳定性评价，包括：岩土物理力学参数，稳定性计算、试验成果和综合评价，进一步变形破坏或活动的方式、规模和主要诱发因素与影响因素等。

#### 5.1.2 崩滑体、泥石流所在地区和影响范围内的社会—经济现状与发展远景规划资料。

#### 5.1.3 尽可能详细的能满足监测点、网布设的地形图、地质图(含平面图和剖面图)和附近建设现状与规划图。

#### 5.2 崩滑体、泥石流监测站(点)布设之前，应有上级部门下达的任务书，监测单位根据任务书编制监测设计书。

监测设计书的内容包括：任务来源和监测的重要性，自然条件和地质环境，崩滑体、泥石流的特征、成因和稳定性分析的主要成果，监测精度要求，监测内容论证和确定，监测方法选定，监测点网布设，监测资料整理，变形破坏或活动判据和预报方案，监测经费预算。

监测设计书应通过下达任务的上级部门的审批。

#### 5.3 监测内容的确定原则是：

##### 5.3.1 根据崩滑体、泥石流赋存条件、地质特征和变形、活动的主要因素与相关因素。

##### 5.3.2 根据崩滑体变形破坏的可能方式和泥石流活动的可能方式。

##### 5.3.3 根据崩滑体变形阶段、变形量和泥石流发育阶段。

##### 5.3.4 根据崩滑体、泥石流稳定性评价的需要和预报模型、判据的需要。

##### 5.3.5 I级监测站(点)和有条件的II级监测站(点)的监测内容，应尽可能齐全。并均随其发展过程和状况逐渐齐全、拓宽、加深或逐渐减少、撤销。受其他条件限制时，应按少而精的原则确定，抓着主要因素，监测绝对位移和变形、活动的主要相关因素。

#### 5.4 崩滑体、泥石流的监测方法，应在监测内容的基础上，根据其重要性和危害性、监测

环境优劣情况和难易程度、技术合理性和经济可行性等，本着先进、直观、方便、快速、连续等原则确定。Ⅰ级监测站(点)和有条件的Ⅱ级监测站(点)应尽可能采用多种方法和新技术、新方法进行监测。多种方法监测所取得的数据、资料，互相联系、互相校核、互相验证，并做出综合分析，取得可靠的结论。

**5.5** 监测仪器、设备，应能满足监测精度要求，精确可靠；能适应环境条件，抗腐蚀能力强，受温度、冻融、风、水、雷电、振动等作用影响小，支架焊接徐变变形小；能保持仪器和传输线路的长期稳定性与可靠性，故障少，并便于维护和更换。监测仪器、设备，必须有出厂合格证书。

**5.6** 在经济、技术条件具备的情况下，逐步实现监测数据采集自动化和实时监测。自动化监测仪器、设备、应有自检、自校功能，或至少每三个月进行一次人工检查、校正，确保长期稳定。在自动化监测和同时，仍应适当地进行人工监测，保证在自动化仪器、设备发生故障时，观测数据不致中断。

**5.7** 崩滑体变形监测精度，根据其变形量确定。一般情况下，监测误差应小于变形量  $1/5 \sim 1/10$ 。

**5.8** 及时进行监测资料的编录、整理和分析研究。在有条件的监测站(点)应尽可能采用计算机进行监测资料的编录、整理和分析研究。

**5.9** 及时进行崩滑体变形破坏预报和泥石流发生、发展、爆发预报。预报分为预测(或中长期预报一年以上)、预报(或短期预报，一年至几天)、警报(或临发预报，几天至几十分钟)。预测和一个月以上的预报，在月报、季报、年报中提出；一个月以下的预报和警报，随时出现随时提出，以专报形式提交。向社会发布的预报，由政府发布。

## **6 崩塌与滑坡监测**

### **6.1 监测内容**

**6.1.1** 崩滑体监测的内容，分为变形监测、相关因素监测、宏观前兆监测。

**6.1.2** 崩滑体变形监测。一般包括位移监测和倾斜监测，以及与变形有关的物理量监测。

**6.1.2.1** 位移监测。分为地表的和地下(钻孔、平硐内等)的绝对位移监测和相对位移监测，是体监测的主要内容和重要内容。

- a. 绝对位移监测。监测崩滑体的三维(X、Y、Z)位移量、位移方向与位移速率。
  - b. 相对位移监测。监测崩滑体重点变形部位、裂缝、崩滑带等点与点之间的相对位移量,包括张开、闭合、错动、抬升、下沉等。
- 6.1.2.2 倾斜监测。**分为地面倾斜监测和地下(平硐、竖井、钻孔等)倾斜监测,主要用以监测崩滑体的角变位与倾倒、倾摆变形及切层蠕滑。
- 6.1.2.3 与崩滑体变形有关的物理量监测。**一般包括地声监测、地应力监测和地温监测等。这些物理量不能直接反映变形量,但能反映变形强度,可配合其他监测,分析、掌握变形动态,进行崩滑变形破坏预报。
- 6.1.3 崩滑体形成和变形相关因素监测。**一般包含下列内容:
- 6.1.3.1 地表水监测。**监测与崩滑体形成和再活动有关的地表水的水位、流量、含沙量等动态变化,以及地表水冲蚀情况和冲蚀作用对崩滑体的影响,研究地表水动态变化与崩滑体内地下水补给、径流、排泄的关系,进行地表水与崩滑体稳定性的相关分析。
- 6.1.3.2 地下水监测。**监测崩滑体范围内钻孔、井、硐、坑、盲沟等地下水的水位、水压、水量、水温、水质等动态变化;监测泉水的流量、水温、水质等动态变化;监测土体含水量的动态变化等。研究地下水补给、径流、排泄及其与地表水、大气降水的关系,进行地下水与崩滑体稳定性的相关分析。
- 6.1.3.3 气象监测。**监测降水量、降雪量、融雪量、气温、蒸发量等,进行降水与崩滑体稳定性的相关分析。
- 6.1.3.4 地震监测。**监测附近及外围地震情况,分析地震强度及其发生时间、地点,评价其对崩滑体稳定性的影响。
- 6.1.3.5 人类活动监测。**监测与崩滑体的形成、再活动有关的人类工程活动,如洞掘、削坡、加载、爆破、振动、渗漏、水库或渠道水位变化等,并据以分析其对崩滑体稳定性的影响。
- 6.1.4 崩滑体变形破坏宏观前兆监测。**一般包含下列内容:
- 6.1.4.1 宏观地形变监测。**监测崩滑体变形破坏前,常常出现的地表裂缝和前缘岩土体局部坍塌、鼓胀、剪出,以及建筑物或农田、道路等的破坏等。测量其产出部位、变形量及其变形速率。

6.1.4.2 宏观地声监听。监听在崩滑体变形破坏前，常常发出的宏观地声。它标志着岩石被剪断或滑带附近碎块石与其下伏滑床之间的剧烈摩擦，是崩滑体剧烈变形破坏的前兆。应监听其发出地段，并立即做出预报。

6.1.4.3 动物异常观察。观察崩滑体变形破坏前，其上动物(鸡、狗、牛、羊、鼠、蛇等)常常出现的异常活动现象。动物异常是低频前兆地声(可听声范围以外)和微振动信号引起它们的敏感反映，一般出现在崩滑前数日或数小时。

6.1.4.4 地表水和地下水宏观异常监测。监测崩滑体地表水、地下水水位突变(上升或下降)或水量突变(增大或减小)，泉水突然消失、增大、变混或突然出现新泉等。它反应崩滑体变形破坏了原地下水、地表水的运动状态，一般出现在剧烈破坏前数日或数小时。

6.1.5 崩滑体都应进行变形监测中绝对位移、相对位移监测和宏观前兆监测，以及主要相关因素监测；有条件时应进行变形监测中的其它监测。

6.1.6 不同类型和特点的崩滑体(参考附录 1 至附录 5)，其相关因素监测的重点内容是：

6.1.6.1 降雨型土质崩滑体，应重点监测地下水、地表水和降水动态变化等内容；降雨型岩质崩滑体，除监测上述内容外，还应重点监测裂缝的充水情况、充水高度等。

6.1.6.2 冲蚀型及明挖型崩滑体，应重点监测：前缘的冲蚀(或开挖)情况，坡脚被切割的宽度、高度、倾角及其变化情况，坡顶及谷肩处裂缝发育程度与充水情况，以及地表水和地下水的动态变化。

6.1.6.3 洞掘型崩滑体，应进行倾斜监测、地声监测和井下地压监测。地压监测包括：顶板(老顶)下沉量及岩层倾角变化，顶板冒落、侧帮鼓帮或剪切，支架变形和位移，底鼓等。有条件时应进行支架上压力值的监测。

6.1.6.4 土质崩滑体，可不进行地声监测和地应力监测，顺层滑坡(滑移一弯曲型除外)，可不进行地面倾斜监测。

## 6.2 监测方法

6.2.1 崩滑体变形监测方法，分为简易监测、地表仪器监测、地下仪器监测和与变形有关的物理量监测等。

6.2.2 崩滑体变形简易监测，利用简单的工具进行，常用的方法有：

6.2.2.1 在裂缝两侧或滑面两侧(或上下)插筋(木筋、钢筋等)、埋桩(混凝土桩、石桩等)

或标记，用钢尺量测其变形情况。

6.2.2.2 在裂缝上或滑带上粘贴水泥砂浆片或玻璃片等，监测其变形情况。

6.2.2.3 在平硐、竖井内或地表地形适合部位，在滑面之上或裂缝一侧吊设垂锤，监测其变形情况。

这些方法简便、直观、可靠，投入快，成本低，便于普及，且不受环境因素影响，缺点是精度稍差，信息量较少。

6.2.3 崩滑体变形地表仪器监测。在崩滑体地表设置专门仪器，监测其相对的或绝对的变形情况，方法很多，主要有：

6.2.3.1 大地测量法。有监测二维(X、Y)水平位移的两(或三)方向的前方交会法、双边距离交会法，监测单方向水平位移的视准线法、小角法、测距法，监测垂直(Z)方向位移的几何水准测量法、精密三角高程测量法等。

该方法在崩滑体上设置固定的监测桩，在其外围稳定地段设置固定的测站桩。两种桩均用混凝土制成，埋设深度应在 0.5~1.0m 以下，冻结区的埋设深度应在冻结层以下 0.5m。常用的监测仪器是高精度测角、测距的光学仪器和光电测距仪器，有经纬仪、水准仪、光电测距仪、全站式电子速测仪等。技术成熟，精度高，资料可靠，信息量大。缺点是受地形视通条件和气候影响均较大。

6.2.3.2 全球定位系统(GPS)法。利用空间卫星定位系统，实现与崩滑体大地测量法相同的监测内容。三维(X、Y、Z)位移量可同时测出，对运动中的点能精确测出其速率；且不受视通条件限制，能连续监测，精度在不断提高。缺点是成本稍高。

6.2.3.3 遥感(RS)法和近景摄影法。遥感法利用地球卫星或飞机，周期性的拍摄崩滑体的变形，适用于大范围、区域性崩滑体监测。近景摄影法是将近景摄影仪安装在稳定区两个不同位置的测站上，同时对崩滑体的图象进行周期性拍摄，构成立体图象。用立体坐标仪量测图象上各监测点的三维(X、Y、Z)位移量。该图像是崩滑体变形的实况记录，可随时比较分析，且外业工作简便，可同时监测多个监测点的位移。缺点是精度相对较差，且设站受地形条件限制，内业工作量大。

6.2.3.4 激光全息摄影法与激光散斑法。是监测崩滑体绝对位移的新方法。

6.2.3.5 测斜法。利用地面倾斜仪(计)，监测崩滑体地面倾斜(倾角)变化及其方向。精度



高，易操作。主要适用于倾倒和角变位的崩滑体，不适用于顺层滑坡。

**6.2.3.6 测缝法。**利用钢卷尺、游标卡尺和用各种传感器、钢弦频率计制造的测缝计(二向，三向)、位移计、位错计、伸缩计、收敛计(杆式，机械式)等，人工测、自动测或遥测裂缝张开、闭合和两岩土体升、降或水平位错等。其中人工测、自动测，方法简易、直观，精度较高，资料可靠；遥测较安全，可连续进行。这些方法的缺点是均受气候因素影响。

**6.2.4 崩滑体变形地下仪器监测。**利用钻孔、平硐、竖井等，在崩滑体内部设置专门仪器，监测其相对的或绝对的变形，方法也很多，主要有：

**6.2.4.1 测斜法。**利用地下倾斜仪、多点倒锤仪等，监测崩滑体内不同深度滑面或软弱面的变形特征，可人工测(平硐、竖井中)、自动测或遥测。精度高，效果好，但成本相对较高。

**6.2.4.2 测缝法。**利用多点位移计、井壁位移计，以及6.2.3.6款所列有关仪器，监测深部裂缝、滑带(或软弱带)的位移情况。可人工测(利用平硐等地下工程)、自动测(埋设于地下)和遥测。精度较高，效果较好，但仪器易受地下水、气等环境的影响和危害。

**6.2.4.3 垂锤法和沉降法。**利用垂锤、极坐标盘、水平位错计和下沉仪、收敛仪等，在平硐中监测滑带上部相对于下部岩体的水平、垂向位移情况。直观、可靠，精度较高，但易受地下水、气等环境的影响和危害。

**6.2.5 崩滑体变形有关物理量监测方法。**常用的有：

**6.2.5.1 地声监测法。**利用地声发射仪、地音探测仪等，采集岩体变形微破裂或破坏时释放出的应力波强度、频度等信号资料，分析、判断崩滑体变形情况。仪器一般应设置在崩滑体应力集中部位，地表、地下均可，灵敏度较高，可连续监测，但仅适用于岩质崩滑体或斜坡的变形监测，且在崩滑体匀速变形阶段不宜使用。

**6.2.5.2 地应力监测法。**利用埋设于钻孔、平硐、竖井内的地应力计监测岩质崩滑体内不同部位的应力变化，分析、判断崩滑体变形情况。也可在地表安设水平应力计，监测地表应力变化情况，分辨拉力区、压力区等。另外，利用差动传递式土压力计、应变式压力计，可监测土质崩滑体地表应力变化情况。

**6.2.5.3 地温监测法。**利用温度计监测崩滑体地温变化情况，分析、判断崩滑体变形情况。

**6.2.6 崩滑体变形位移相关因素监测方法。**主要的有：

6.2.6.1 利用常规气象监测仪器如温度计、雨量计、雨量报警器、蒸发仪等，进行以降水量为主的气象监测。

6.2.6.2 利用水位标尺、水位和流量自动记录仪、测流堰、量杆等，监测崩滑体内及其周围天然沟河和截排水沟地表水位、流量动态变化情况。

6.2.6.3 利用测流堰、水温计等，监测泉水流量、水温等动态变化情况。

6.2.6.4 利用测盅、水位和流量自动记录仪、测流堰，水温计等，监测钻孔、竖井、平硐等地下水位、水温和流量等动态变化情况。

6.2.6.5 利用孔隙水压计、渗压计等，采集有关水文地质参数。

6.2.6.6 崩滑体地下水水化学监测与一般水文地质观测方法相同。监测内容包括：

暂时硬度、PH 值、侵蚀性  $\text{CO}_2$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、耗氧量等，并根据当地地质环境提出特殊要求，增减监测项目。

6.2.6.7 利用地震仪，进行地震监测。

6.2.7 崩滑体变形破坏宏观前兆监测方法。崩滑体变形破坏宏观地形变和地表水、地下水变化，以及动物异常等，主要是固定专人，进行实地监测，后者也可在崩滑体内设置敏感动物进行监测。

专门变形监测仪器的，特别是地音、地表水、地下水监测仪器的，均应加密监测。此外，还可用电路接触器自动监测崩滑发生，即按预测的预报临界值、警报警戒值，沿滑面、裂缝安装电路接触点，当位移超过该点时，电路接通，立即发出预报和警报。

6.2.7 在人工施测有危险的地段和时段，应设置具备远距离监测、遥测或自动监测功能的监测设施。

6.2.9 监测时间间隔，分为正常监测和特殊监测两类。正常监测时间间隔 15 天一次，（至少每月一次）；特殊监测（汛期，险情预报、警报期，防治工程施工期等），必须加密监测，一天一次，甚至不间断的进行监测。I 级监测站（点）应做到实时监测。

6.2.10 列为群测群防对象的崩滑体的变形，应用简易监测方法和宏观前兆监测方法进行监测。

### 6.3 监测点网布设

6.3.1 崩滑体变形监测网，应根据崩滑体的特征及其范围大小、形状、地形地貌特征、视

通条件和施测要求布设。监测网由监测线(即监测剖面,以下简称测线)、监测点(以下简称测点)组成,应能形成点、线、面的三维立体监测体系,以全面监测崩滑体的变形量、变形方向及其时、空动态和发展趋势,满足预报的要求。

**6.3.2 崩滑体变形测线**,应穿过崩滑体的不同变形地段或块体,并尽可能照顾崩滑体的群体性和次生复合特征,还应兼顾外围小型崩滑体和次生复活的崩滑体。测线两端应进入稳定的岩土体中。纵向测线与主要崩滑变形方向相一致;有两个或两个以上崩滑变形方向时,应布设相应的纵向测线;当崩滑体呈旋转崩滑变形时,纵向测线可呈扇形或放射状布设。横向测线一般与纵向测线相垂直。在以上原则下,测线应充分利用勘探剖面和稳定性计算剖面,充分利用钻孔、平硐、竖井等勘探工程。

测线确定后,应根据崩滑体的地质结构、形成机制、变形特征等,分析、建立沿线在平面上、垂向上所表征的变形地段、块体及其组合特征。

**6.3.3 测点**应根据测线建立的变形地段、块体及其组合特征,布设在测线上,或测线两侧5m范围内。以绝对位移监测点为主体,在测线所遇裂缝、滑带、软弱带上布设相对位移测点,并利用钻孔、平硐、竖井等勘探工程布设深部位移测点,形成多方法、多层次、多参数的综合性立体监测体系。每个测点,均应有自己独立的监测功能和预报功能。

测点不要求平均布设。对如下部位应增加测点和监测项目,变形速率较大的地段或块体;对崩滑体稳定性起关键作用的地段或块体;控制变形位移的裂缝、软弱带等。

**6.3.4 崩滑体变形监测网型**,有如下几种:

**6.3.4.1 十字网型**。纵向、横向测线成十字型,测点布设在测线上。测线一端布设测点(放测量仪器用),另一端布设照准点,均布设在稳定的岩土体上。在测站用大地测量法等监测测点的位移情况。这种网型适用于范围不大、平面狭窄、主要崩滑方向明显的崩滑体。

**6.3.4.2 方格网型**。在崩滑体范围内,多条纵向、横向测线近直交,组成方格网,测点设在测线的交点上(也可加密布设在交点之间的测线上)。测站、照准点布设同十字网型。这种网型测点分布的规律性强,且较均匀,监测精度高,适用于崩滑体地质结构复杂,或群体性崩滑体。

当设一条纵向测线和若干条横向测线,或设若干条纵向测线和一条横向测线时,网型变成“丰”字型、“廿”字型或“卅”字型等,均根据需要确定。

6.3.4.3 三角(或放射)型网。在崩滑体外围稳定地段设测站，自测站按三角形或放射状设若干条测线，在各测线终点设照准点，在测线交点或测线上设测点，在测站用大地测量法等监测测点的位移情况。对测点进行三角交汇法监测时，可不设照准点。这种网型测点分布的规律性差，不均匀，距测站近的测点的监测精度较高。

6.3.4.4 任意网型。在崩滑体范围内布设若干测点，在外围稳定地段布设测站，用三角交会法、GPS 等监测测点的位移情况。适用于自然条件、地形条件复杂的崩滑体的变形监测。

6.3.4.5 对标型网。在裂缝、滑带(软弱带)等两侧，布设对标或安设专门仪器，监测对标的位移情况，标与标之间可不相联系，后缘缝的对标中的一个尽可能布设在稳定的岩土体上。在其他网型布设困难时，可用此型监测崩滑体重点部位的绝对位移和相对位移。

6.3.4.6 多层网型。除在地表布设测线、测点外，利用钻孔、平硐、竖井等地下工程布设测点，监测不同高程、不同层位崩滑体的变形情况。

6.3.4.7 无论采用那种网型，测站、测线、测点的数量均应根据需要确定或调整。有的可同时采用二种网型，布成综合型网。

测站、测点(含对标点)、照准点，均应设立混凝土桩。桩的埋深同 6.2.3.1 款。并严加保护，必要时设保护桩和负桩，防止人、畜、滚石等破坏。

## 6.4 变形破坏预报

6.4.1 分级分主次确定崩滑体变形破坏的预报对象。

6.4.1.1 监测对象可以是但不一定全是主要预报对象，尤其是对大型崩滑体或崩滑群。一般情况下，主要预报对象是：

- a. 变形速率大的地段或块体。
- b. 产生严重危害的地段或块体。
- c. 对整个崩滑体的稳定性起关键作用的地段或块体。

6.4.1.2 在主要预报对象上，确定主要监测点、监测项目(含内容和方法)为具体预报的依据对象。

6.4.2 正确确定崩滑灾害范围。

6.4.2.1 灾害范围应包括：

- a. 崩滑体自身的范围。

- b. 崩滑体运动所达到的范围。
- c. 崩滑体所造成的次生灾害(如涌浪、堵江、堵河、堵渠和在暴雨条件下崩滑体迅速转化为泥石流等)的危害范围。

d. 在恶劣条件(地震、暴雨等)下放大效应所波及的范围

#### 6.4.2.2 确定灾害范围时，应考虑下列条件：

- a. 滑体运动的规模、范围、形式和方向。
- b. 滑体运动场所内的地形、地貌、地质及水文条件。
- c. 崩滑体的运动速度和加速度，在峡谷区产生气垫浮托效应、折射回弹及多冲程的可能性。
- d. 次生灾害产生的可能性和波及的范围。对于涌浪、堵江、堵河、堵渠等，应对不同水位、流量条件下不同崩滑规模(土石体积)、运动速度所产生的灾害进行分析。
- e. 在难以确定灾害范围时，应适当界定其范围，并留有余地，但不可无限扩大其范围。

#### 6.4.3 崩滑体变形破坏预报等级，按时间分为：预测级、预报级、警报级。各等级内容见表

**表 6.4.3 崩滑预报等级表**

预报等级	时间	空间	方法	指标	手段	预防措施
预测级 (中长期预报)	1 年以上	区域、单体	调查评价	危险程度	危险程度区划和数据库	防治工程或搬迁
预报级 (短期预报)	1 年至几天	少量区域， 主要单体	调查评价与 监测	临界值	1、区域自然、 地貌地质、社会因素分析； 2、变形位移监测。	抢险应急工程或常规紧急避难
警报级 (临发预报)	几天至几十分钟	单体	监测	警界值	1、变形位移监测和地声等物理量监测； 2、宏观疫形监测； 3、气象、水文与地质等相关因素监测。	紧急避难

6.4.4 区域性崩滑体变形破坏预报，主要进行预测级和部分预报级预报。一般在每年雨季前进行巡视性崩滑体地质调查、鉴定，提出预报报告。

6.4.5 单体崩滑体变形破坏预报，合理选择预报参数极为重要，特别是预报级、警报级参数。一般情况下：

6.4.5.1 短临前兆参数应为首要的预报参数，是准确预报崩滑体变形破坏的参数。

6.4.5.2 多维位移监测数据，是崩滑体变形破坏预报的最基本参数，其中绝对位移数据是诸多预报模型所必须的参数。

6.4.5.3 倾斜监测数据，是崩滑体变形破坏预报的重要参数之一。

6.4.5.4 地声监测数据，是岩质崩滑体变形破坏的重要参数之一，具有较短的时效性和较高的有效性。

6.4.5.5 地应力、地温及地下水监测数据，均是崩滑体变形破坏表征的预报参数。

6.4.5.6 应根据实施的监测内容和方法选取预报参数，并进行多参数综合评判和预报，以提高预报的准确性。

6.4.6 宏观前兆监测资料对崩滑体变形破坏预报极为重要，在分析 6.4.5 条所列参数时，必须和宏观监测资料相结合。

6.4.7 崩滑体变形破坏预报模型的建立和预报判据的确定，应遵循如下原则和方法：

6.4.7.1 在地质模型和实施的监测内容、方法的基础上，选择建立适宜的、有效的监测预报模型。

6.4.7.2 类比分析预报模型

a. 类比分析是根据先例事件做出的一种预报判据。应在全面统计调查资料之后，建立类比(推)模型(先例模型)，其核心是有效类推。应着力研究类推量，对于起主控作用的类推量的相似性，必须得到严格保证。

b. 在有条件的情况下，应建立试验分析模型，即进行物理模型试验和数值模拟分析，据此进行类比。

c. 非数据的专家诊断实际上是先例事件的综合集成，通常表现为经验和直觉，属于类比分析的范畴，为比较经验集成模型，应首先建模。

d. 为保证预报的有效性，应建立宏观短临前兆类比模型。

6.4.7.3 因果分析预报模型

因果分析预报主要基于因果关系的逻辑思维和判断。方法有：灰色预报法，交互作用

预报法，分枝预报法，分量分配预报法，交叉冲击预报法，马尔科夫法和分布延迟法等。崩滑体变形破坏预报，宜采用灰色预报模型中的数列预测、灾变预测和系统综合预测等。

#### **6.4.7.4 统计分析预报模型**

统计分析预报是根据崩滑事件的统计性规律，运用数理统计、运筹学、调和分析、数值分析、数学滤波、图象识别等方法，对监测数据进行分析而形成的定量预报。基本方法有：调和分析预报法，时间序列预报法，马氏过程预报法，相关回归分析法，生长曲线预报法，图象识别法等。崩滑体变形破坏预报，宜采用生长曲线法、相关回归法等。

**6.4.7.5** 在进行崩滑体变形破坏预报时，类比分析、因果分析、统计分析三种模型一般均应建立，以便进行多参数、多模型的综合评判，以减少预报的风险性，提高预报的准确性。

**6.4.7.6** 预报模型建立以后，均应利用已经发生过的相似的崩滑体的监测资料，进行反演分析，检验模型的有效性，并初步确定相应的预报判据。

**6.4.7.7** 初步预报判据确定后，应进行物理模型、数值模型分析和反演分析，检验和提高预报判据的准确性。

**6.4.7.8** 预报模型与预报判据均应由上级机关组织专家评审、鉴定，并报主管部门批准后，方可采用。之后，应不断调整，尽可能使之完善。

## **7 泥石流监测**

### **7.1 监测内容**

**7.1.1** 泥石流监测内容，分为形成条件(固体物质来源、供水水源等)监测、运动情况(流动动态要素、动力要素和输移冲淤等)监测、流体特征(物质组成及其物理化学性质等)监测。

**7.1.2** 泥石流固体物质来源是泥石流形成的物质基础，应在研究其地质环境、性质、类型、规模的基础上(参考附录)，进行稳定性监测。固体物质来源于崩滑体的，其监测内容同 6.1 节；固体物质来源于松散堆积物(含构造松散体、风化层和开山、采矿、采石、弃渣等堆石、堆土)的，应监测其受暴雨、洪流冲蚀等作用的稳定性。

**7.1.3** 泥石流供水水源监测极为重要。应重点监测降雨雨量和历时等：水源来自冰雪和冻土消融的，监测其消融水量和消融历时等。以上均包含在气象监测内容中。对上游或高处有高山湖、水库、渠道时，应监测其大量渗漏或突然溃决的可能性。

在固体物质集中分布地段，应进行降雨入渗和地下水动态监测。

**7.1.4 泥石流动态要素监测**，包括爆发时间、历时、过程、类型、流态和流速、泥位、流面宽度、爬高、阵流次数、沟床纵横坡度变化、输移冲淤变化和堆积情况等，并同取样分析相配合，测定输砂率、输砂量或泥石流流量、总径流量、固体总径流量等。

**7.1.5 泥石流动力要素监测内容**，包括泥石流流体动压力、龙头冲击力、石块冲击力和泥石流地声频谱、振幅等。

**7.1.6 泥石流流体特征监测内容**，包括固体物质组成(岩性或矿物成分)、块度、颗粒组成和流体稠度、重度(重力密度)、可溶盐等物理化学特性，研究其结构、构造和物理化学特性的内在联系与流变模式等。

## **7.2 监测方法**

**7.2.1 泥石流固体物质来源于崩滑体的**，其变形破坏监测方法同 6.2 节。固体物质来源于松散堆积物的，可以在不同地质条件地段设立标准片蚀监测场，监测不同降雨条件下的冲刷侵蚀量，分析形成泥石流临界雨量的固体物质供给量。

**7.2.2 暴雨型泥石流必须设立以监测降雨为主的气象站**，一般利用常规气象仪器监测气温、风向、风速、降雨量(时段降水量和连续变化降水量)等。

在有条件时，应利用遥测雨量监测系统、测雨雷达超短时监测系统、气象卫星短时监测系统较先进、自动化监测仪器，进行降雨量的监测。

冰雪消融型泥石流的气象站，应增加用常规仪器进行的冰雪消融量监测。

降雨入渗和地下水动态监测方法同 6.2 节。

**7.2.3 泥石流动态要素、动力要素监测**，除掌握泥石流运动特征外，还肩负着紧急报警任务，一般在选定的若干个断面上进行。可分两种情况：

**7.2.3.1 小型泥石流沟或爆发频率很低的泥石流沟**，一般采用水文观测方法和仪器进行监测。

**7.2.3.2 较大的或爆发频率较高的泥石流沟**，应利用针对泥石流流体特性和运动特性研制的专门仪器进行监测。常用的有雷达测速仪、各种形式和性能的传感器与冲击力仪、有线或无线超声波泥位计(带报警器)、无线遥测地声仪(带报警器)、地震式泥石流报警器，以及重复水准测量、动态立体摄影等。



7.2.4 泥石流流体特征监测与泥石流运动情况监测结合进行。一般用取样器(如悬挂在横跨沟床断面缆道上的电动铅鱼式取样器)采集动态样品,用常规仪器(如粘度计、比重计、流塑限仪、密度仪、酸度计等)和特制的仪器(如砂浆流变仪、大型直剪仪等)进行有关参数的测试。

7.2.5 在有条件时,应采用遥感技术进行泥石流规模、发育阶段、活动规律等的中长期动态监测,用地面多光谱陆地摄影、地面立体摄影测量技术,进行泥石流基本参数变化的短周期动态监测。

7.2.6 列为群测群防对象的泥石流,发动、组织当地居民进行简易监测。

### 7.3 监测点网布设

7.3.1 泥石流补给区、流动区和堆积区,一般都应布设内容不同的监测点网。

7.3.2 泥石流固体物质来源于崩滑体的,其变形破坏监测点网的布设同6.3节。固体物质来源于松散堆积物的,其稳定性监测点网的布设,应在侵蚀程度分区的基础上进行,测点密度见表7.3.2

表 7.3.2 松散堆积物稳定性测点布设数量表

侵蚀程度	测点密度(个/平方公里)
严重侵蚀区	20~30
中等侵蚀区	15~20
轻微侵蚀区	可少布或不布测点

测点应重点布设在严重侵蚀区内,并根据侵蚀强度的发展趋势和变化来调整。

7.3.3 以监测降雨为主的泥石流气象站,应综合性的布设在泥石流沟或流域内有代表性的地段或试验场。降雨监测点布设应遵守下列原则:

7.3.3.1 重点布设在泥石流形成区及其暴雨带内。

7.3.3.2 重点布设在泥石流沟或流域内崩滑体和松散堆积物储量最大的范围内及其上方。

7.3.3.3 测点应选在四周空旷、平坦且风力影响小的地段。一般情况下,四周障碍物与仪器的距离不得小于障碍物顶高与仪器口高差的2倍。

7.3.3.4 测点布设数量视泥石流沟或流域面积和测点代表性好坏而定。为严密控制形成区,测点布设以网格状为好,泥石流沟或流域面积小时也可采用三角形。

**7.3.4 泥石流运动情况和流体特征监测断面布设数量、距离**，视沟道地形、地质条件而定，一般在流通区纵坡、横断面形态变化处和地质条件变化处，以及弯道处等，都应布设。同时，必须充分考虑下游保护区(居民点、重要设施)撤离等防灾救灾所需提前警报的时间和泥石流运动速度，一般可按下式估算：

$$L \geq t \cdot V$$

式中：L——断面距防护点的距离(m)；

t——需提前报警的时间(h)；

V——泥石流运动速度(m/h)。

泥位监测点一般布设在冲淤变化范围较小和与下游保护区断面基本一致地段，且二区间河段内无其它径流补给(或可忽略不计)。监测泥位应根据危险泥位确定，危险泥位则根据下游保护区分布情况确定。

## 7.4 活动预报

**7.4.1 泥石流活动预报**，是泥石流监测的重要目的之一，但也是难度最大的问题，要认真分析、研究。目前，预报方法很多，包括宏观前兆法、类比分析法、因果分析法(灰色理论法、模糊信息评判法、马尔柯夫法等)、统计分析法(非线性回归分析法、生长曲线法等)、仪器微观监测法等，应结合不同地区泥石流活动特点和监测资料选择使用，综合分析，不断提高预报的准确率。

以监测资料为基础的多因素权系数法使用较多，可以作为基本方法使用。

**7.4.2 泥石流活动预报等级**，按时间分为预测级、预报级、警报级三个等级。各级内容见表 7.4.2。

**表 7.4.2 泥石流活动预报等级表**

预报等级	时 间	空 间	方 法	指 标	手 段	预防措施
预测级 (中长期预报)	1 年以上	流 域	调查评价	危险度	危险度区划和数据库	防治工程或搬迁
预报级 (短期预报)	1 年至几 小时	中小流域和 泥石流沟	调 查 评 价 和监测	临界值	1、流域、沟谷自然、地貌、地质、社会因素分析； 2、暴雨监测	抢险应急工程 或常规紧急避难

警报级 (临发预报)	几小时至 几十分钟	泥石流沟	监测	警戒值	地声、泥位、流速 等监测仪器及其 报警装置	紧急避难
---------------	--------------	------	----	-----	-----------------------------	------

### 7.4.3 泥石流活动预测

**7.4.3.1** 对泥石流流域进行详细的地质、地貌和社会(主要是流域内,特别是沟谷中人口密度、分布和经济状况,以及经济—工程活动对沟谷的影响等)环境调查,确定泥石流形成和活动的各种主要的、次要的因素,重要的包括固体物质来源及其积累程度、水的来源及其数量、沟谷的发育程度、泥石流活动频率等。以此为依据,进行综合分析,评判、预测其活动的可能性及其危险度。

**7.4.3.2** 泥石流活动的危险度,可以利用环境质量进行预测。一般预测的方法是:详细调查研究区内泥石流的形成条件和分布特征,在综合分析和数量统计的基础上,选取、确定泥石流危险区划的因素,厘定其权重,并对其进行归一化处理(极差变换),用各因素权重得分与归一化处理数据的乘积之和来表征泥石流活动的危险度,并据此划分出若干危险等级,编制危险区划图,作为预防的参考依据。

**7.4.3.3** 泥石流活动频率预测的一般方法和步骤是:

- a. 对区内泥石流沟进行详细的地质、地貌调查,查明泥石流沟的数量。
- b. 按泥石流沟发育阶段(发展期、活动期、衰退期、间歇期)和危害程度(严重、中等、轻微、暂无)进行分类、统计。
- c. 分析、确定灾害性泥石流活动周期。
- d. 预测不同发展阶段、不同危害程度泥石流每年可能活动的次数和全区泥石流每年可能活动次数,作为预防的参考依据。

**7.4.3.4** 泥石流活动的流体性质,根据泥石流沟松散固体物质的机械组成进行预测。一般在泥石流重度 $>18\text{KN/m}^3$ 时,粘粒( $<0.005\text{mm}$ )含量 $>5\%$ 的多为粘性泥石流,粘粒含量 $<5\%$ 的多为稀性泥石流,粘粒含量介于上述二者之间的为过渡性泥石流。在泥石流重度 $<18\text{KN/m}^3$ 时,粘粒含量高的多为泥流或稀性泥石流,粘粒含量少的多为水石流或稀性泥石流,含少量砂粒或石块的多为水石流或稀性泥石流。一般固体物质的机械组成,在粒径 $>2\text{mm}$ 的含量 $55\sim70\%$ 、粒径 $2\sim0.05\text{mm}$ 的含量 $15\sim25\%$ 、粒径 $0.05\sim0.005\text{mm}$ 的含量 $5\sim10\%$ 、粒径 $<0.005\text{mm}$ 的含量 $5\sim10\%$ 的范围内,泥石流活动的流体性质为粘性。

7.4.3.5 确定降雨能级和泥石流活动规模之间的关系，预测泥石流活动的激发雨量。该雨量与前期降雨量、前期固体物质含水量等，都有密切关系，都必须进行详细的分析研究。

激发雨量用临界雨量表达。根据平均降雨量并分析归纳为某一量级的雨量和雨强，即临界雨量。常用的方法有：

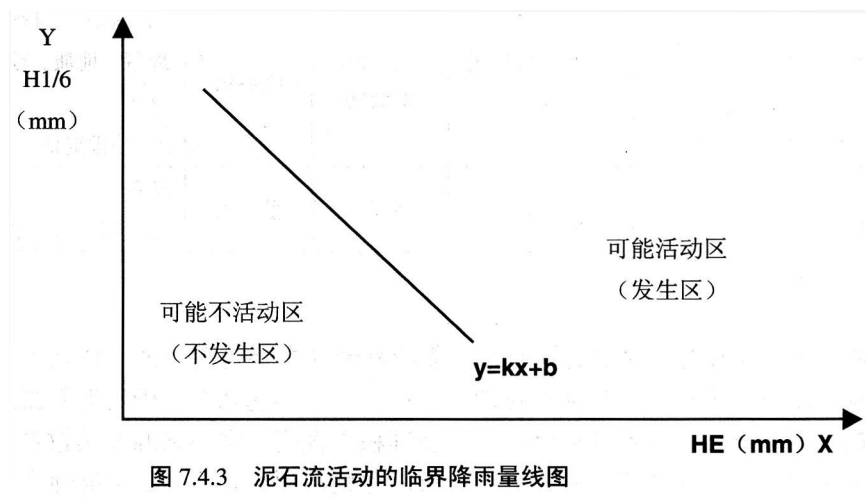
a. 泥石流灾害实地调查法：对泥石流灾害做详细的实地地质、地貌、灾情调查，结合降雨监测资料，进行统计、分析，确定临界雨量。

b. 泥石流活动频率和暴雨频率分析法：研究泥石流活动频率与暴雨频率的关系，通过回归分析，确定泥石流活动的临界雨量。

c. 泥石流与暴雨等值线关系分析法：根据监测资料编制的暴雨等值线，找出泥石流所在区域内等值线均值，作为该区临界雨量初选值，再用典型泥石流实地地质、地貌调查的暴雨均值进行检验修订，确定最终临界雨量。

上述三种方法，都需要进行大量调查，才能取得较准确的预测值。

前期降水量与固体物质前期含水量和蒸发作用等有关，应根据监测资料确定。在监测资料缺乏时，可利用有关经验公式估算。



d. 直接降雨量监测法：设置降雨量监测点网，监测泥石流活动时的降雨情况，用雨强(10 分钟雨强  $H_{1/6}$  或 1 小时雨强  $H_1$ )和实效雨量(前期降雨量与激发雨量之和  $HE$ )绘制直角坐标关系图(图 7.3.4)，根据两类点群(活动的、不活动的)的分布情况，作一条点群分区线，活动的在上方，不活动的在下方。此法多用于泥石流活动频率较高地区，活动频率较低者难以获得信息资料。

#### 7.4.4 泥石流活动预报

7.4.4.1 泥石流活动预报在预测的基础上进行。应详细分析研究地质、地貌调查资料和监测资料，掌握泥石流活动的激发因素及其动态变化，及时将各种指标接收下来，并迅速传递到下游保护区，供各保护对象采取预防措施。

泥石流预报的核心是确定泥石流活动的临界条件，包括：固体物质贮量及其含水量、稳定性和沟谷纵坡等地质—地貌临界条件，降雨量、雨强、径流量等降雨—径流临界条件等。泥石流活动的地质—地貌临界条件，一般在实地调查和监测资料的基础上，通过统计分析、类比分析、稳定性计算等方法确定。降雨—径流临界条件，主要根据监测资料确定，而径流量往往决定于降雨量，故降雨量临界值是分析研究的重点。

7.4.4.2 泥石流活动预报包括区域性预报、局地性预报和单沟预报。目前，利用短历时暴雨对单沟泥石流活动进行预报较为成熟。其原理是：泥石流活动前的降雨量是引起泥石流活动的有效降雨量，以后的降雨量只能增加其活动规模和持续时间。前期降雨量越大，固体物质的含水量也越大，则所需要的激发雨量越小。反之亦然。预报的方法和步骤是：

a. 根据流域和河沟内地质、地貌条件，特别是固体物质、沟床形态和水文条件等，结合监测、实测资料和模拟试验，建立短时暴雨( $H_{1/6}$ )和前期降雨量之间关系的泥石流活动临界降雨量判别式与受灾降雨量判别式。两式形式相同，但确定后式的系数时，应充分考虑被保护对象的位置和抗灾能力，以及泥石流活动的规模、速度和物理力学性质(如冲击力等)因素。

b. 根据泥石流活动临界降雨量判别式和受灾降雨量判别式，绘制泥石流活动预报图(见图 7.4.4)。图中反映出泥石流活动的临界线、发生线和二线划分出的不发生区、过渡区、发生区。

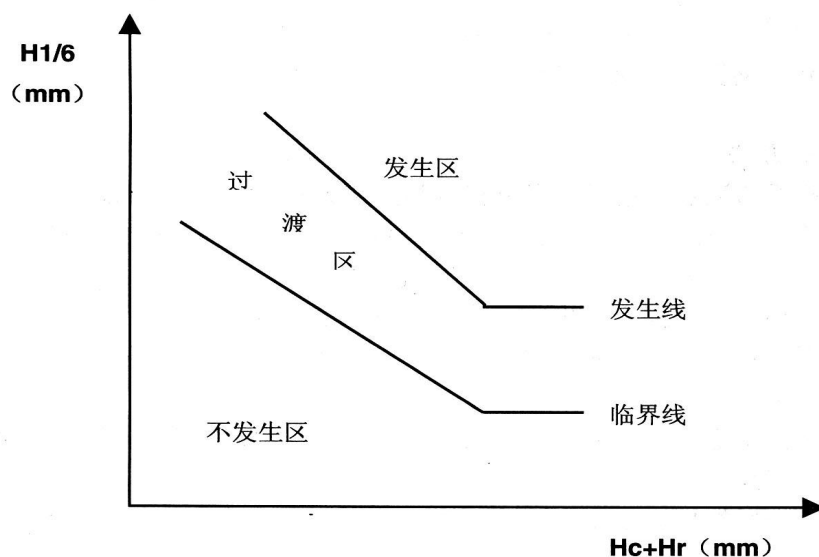


图 7.4.4 泥石流活动预报图

图中：Hc—泥石流的前期间接降雨量（mm），

Hr—泥石流活动当天的降雨量（mm）。

c.

在泥石流形

成区内，选择或建立预报指标站，及时采集降雨量资料，并应用有线或无线遥测方法将降雨量信息及时传送到预报中心，进行适时预报。

对下游保护区提前做出警报的时间(t)，可用下式计算：

$$t = (t_1 - t_2) + (t_2 - t_3)$$

式中：t<sub>1</sub>——泥石流到达下游保护区的时间

t<sub>2</sub>——降雨过程中达到预报图中受灾线的时间

t<sub>3</sub>——降雨过程中达到预报图中形成线的时间

其中(t<sub>2</sub> - t<sub>3</sub>)的时间决定于降雨的特性，(t<sub>1</sub> - t<sub>2</sub>)的时间决定于泥石流源地(供给区)到下游保护区的距离(L)和泥石流的平均流速(V)，因此：

$$t = (t_1 - t_2) + \frac{L}{V}$$

区域性泥石流预报，参照 6.4.4 执行。

#### 7.4.5 泥石流活动警报

在泥石流临近启动时，原地监测站(或监测中心)必须根据泥石流固有的特征(振动、声音、泥位等)，迅速向下游保护区发出泥石流运动、袭击的信息；保护区监测站必须及时接收上述信息，以及泥石流振动、声音、泥位等警报信息，采取紧急措施，避免或减少损

失。

## 8 资料整理

### 8.1 资料整理的任务

崩滑体、泥石流监测资料整理的任务是：对各种(项)监测数据进行综合分析、研究，找出它们之间的内在联系和规律性，及其与自然条件、地质环境和各种因素之间的关系，对崩滑体、泥石流稳定性做出正确的评价，对其变形破坏和活动做出正确的预报。

### 8.2 监测数据采集

#### 8.2.1 监测数据的采集方法

8.2.1.1 监测点位处的手动记录。包括各类位移监测点位处的手动记录和探头位置处的手动记录。

8.2.1.2 探头位置处的自动记录。采用能传送到探头位置或附近控制板上的自动记录设备，根据手动指令将数据记录到磁带或穿孔纸带上。

8.2.1.3 中心站处的手动记录。探头输出信号靠电缆或其它直接连接的方式或用无线电传送的形式抵达中心站，中心站将信号连续转换到适当的控制箱内产生数字输出。监测人在中心站手动记录或采用手动指令将输出数据记录在穿孔纸带上。

8.2.1.4 中心站处的全自动记录。采用自动化系统，自动激发记录启动装置，进行全自动操作。

#### 8.2.2 数据采集时的误差消除

8.2.2.1 手动记录时，应详细检查数据，校正明显的错误，或对有问题的数据重新量测，以消除错误和明显的误差。

8.2.2.2 自动记录一般带来一个附加的错误源。在数据打出之后计算机处理之前，应对数据逐一筛选，检查和解释误差，消除明显的错误和误差。

### 8.3 监测数据处理

8.3.1 建立监测数据库。根据设置的监测内容和方法，建立相应的监测数据库。分为：地质库，地质灾害库，物理力学库，大地形变测量库，裂缝监测库，钻孔倾斜监测库，地面倾斜监测库，深部位移监测库，声发射监测库，地应力监测库，地表水监测库，地下水监

测库，水文气象库，泥石流供水水源库，流体特征库，流动动态要素库，动力要素库和输移冲淤库等，以及人类工程活动库和总库等，一般还要求建立关系数据库。

**8.3.2 建立资料分析处理系统。**根据所采用的监测方法和所取得的监测数据，应用相应的地理信息系统(GPS)、数据处理方法和程序软件包，对监测资料进行分析处理。一般包括崩滑体变形量、变形速率，泥石流运动速率等，进行监测曲线拟合、平滑和滤波，绘制变形时程曲线、运动时程曲线、降雨过程曲线，并进行时序和相关分析等。

#### **8.4 监测资料的整理**

**8.4.1** 对于手动记录的监测数据，应立即换算成长度、体积、压力或其它参数，加上其它有关资料，如日期、监测点号、仪器编号、深度、气温等，以表格或其它形式记录下来，进行编号、建卡、归类、建档。

**8.4.2** 对于自动记录在穿孔纸带上的数据等资料，应及时检查并归类、建档。

**8.4.3** 对于中心站内的全自动记录，应及时拷贝到高密度软盘上，并编号存档。

**8.4.4** 按规定间隔时间(如日、旬、月、季、半年、年)对数据库内的监测数据等资料进行分析统计，如求和、求最大值，求最小值，求平均值等，并做出分类统计，编辑成文件，打印后分类建档。

**8.4.5** 按监测内容和方法分类，对各类监测资料分别进行人工曲线标定和计算机曲线拟合，以及编制相应的图件。重要图件包括：

**8.4.5.1** 绝对位移监测，编制：水平位移矢量图，垂直位移矢量图及累计垂直位移矢量图，上述二种位移量迭加在一起的综合性分析图，位移(某一监测点或多测点水平位移、垂直位移等)历时曲线图。相对位移监测，编制相对位移分布图、相对位移历时曲线图。

**8.4.5.2** 地面倾斜监测，编制地面倾斜分布图、倾斜历时曲线图。地下倾斜监测，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及位移历时曲线图。

**8.4.5.3** 地声等物理量监测，编制地声(噪音)总量与地应力、地温等历时曲线图和分布图。

**8.4.5.4** 地表水、地下水监测，编制地表水水位、流量历时曲线图，地下水位历时曲线图、土体含水量历时曲线图、孔隙水压力历时曲线图、泉水流量历时曲线图。

**8.4.5.5** 气象监测，编制降水历时曲线图、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。



8.4.5.6 为进行相关分析，还应编制如下图件：崩滑体变形位移量(包括相对的和绝对的)与降水量变化关系曲线图、变形位移量与地下水位变化关系曲线图，崩滑体倾斜位移量(包括地表的和地下的)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：崩滑体和泥石流固体物质分布区地下水位、土体含水量、降水量变化关系曲线图，泉水流量与降水量变化关系曲线图，地表水水位、流量与降水量变化关系曲线图等。

#### 8.4.6 编制监测报告，分为月、季、年报。

监测月、季报告反映主要监测数据和主要历时曲线及相关曲线图，并对该时段内的崩滑体和泥石流的稳定性进行综合分析评价。

监测年度报告的主要内容包括：自然与地质概况，崩滑体或泥石流特征与成因、变形或活动动态和发展趋势[各种(项)监测资料分述和综合分析]，结论和建议(稳定程度，防灾、治灾措施等)。若有防治工程，应增加防治工程效益评价。主要图、表包括：地质图、监测点网布置图，各种(项)监测资料分析图(变化图等)和数据表等。

## 附件 A 崩塌分类 (补充件)

- (1) 依物质组成, 可划分为土体(质)崩塌、岩体(质)崩塌。
- (2) 依动力成因, 可划分为自然崩塌(如降雨型、冲蚀型、重力型等)、工程崩塌(由爆破、水库蓄水、水库和渠道渗漏、挖方、填方、载荷、采掘等因素形成)。
- (3) 依运动, 可划分为散落式崩塌、坠落式崩塌、错落式崩塌、倒落式崩塌。另一划分方案是: 倾倒式崩塌、滑移式崩塌、鼓胀式崩塌、拉裂式崩塌、错断式崩塌。
- (4) 依崩塌体规模(体积), 可划分为:
- 巨型崩塌: 体积  $>1000 \times 10^4 \text{m}^3$
- 大型崩塌: 体积  $100 \sim 1000 \times 10^4 \text{m}^3$
- 中型崩塌: 体积  $10 \sim 100 \times 10^4 \text{m}^3$
- 小型崩塌: 体积  $<10 \times 10^4 \text{m}^3$

## 附录 B 滑坡分类和滑坡稳定程度的野外判定 (补充件)

### 1 滑坡分类表

分类依据	滑 坡 名 称	说 明
动力成因	自然滑坡	由地震、暴雨、久雨、侵蚀、潜蚀、崩坡积加载等因素形成
	工程滑坡	由爆破、水库蓄水、水库和渠道渗漏、挖方、填方载荷等因素形成
作用的启动方式 (滑动力学性质)	推移式滑坡	斜坡上部岩、土体先滑动, 推动下部岩、土体滑动
	牵引式滑坡	斜坡下部岩、土体先滑动, 牵引带动上部岩、土体滑动
物质成分	土体(质)滑坡	发生在各种成因的土体中
	岩体(质)滑坡	发生在各种成因的岩体中
滑坡面与斜坡岩 (土)层的关系	顺层滑坡	顺岩、土体中各种先存在的沉积、堆积等结构面形成的滑坡, 也称“定向滑坡”

	切层滑坡		滑动面与岩、土体中各种先存在的沉积、堆积等结构面成不同的交切状态或角度，也称“任向滑坡”
	无层滑坡		滑动面不涉及任何沉积、堆积等结构面，也称“均质岩土滑坡”或“无向滑坡”
滑动面成因	构造结构面滑坡		滑动面与各种构造结构面一致
	非构造结构面滑坡	原生结构面滑坡	滑动面与各种原生结构面(层面等)一致
		表生结构面滑坡	滑动面与各种表生结构面(堆积面等)一致
	卸荷结构面滑坡		其形成与地面斜坡的自然或人工卸荷有关
	复合结构面滑坡		由上述任意两种或多种结构面联合、组合而成
滑坡体厚度 (或滑动面埋深)	薄(浅)层滑坡		滑坡体厚度(或滑动面)埋深小于 6m
	中层滑坡		滑坡体厚度(或滑动面)埋深 6~25m
	厚(深)层滑坡		滑坡体厚度(或滑动面)埋深 25~50m
	特厚(特深)层滑坡		滑坡体厚度(或滑动面)埋深大于 50m
滑动面平均倾角	缓滑坡		滑动面倾角小于 15°
	陡滑坡		滑动面倾角 15° ~45°
	极陡滑坡		滑动面倾角大于 45°

分类依据	滑 坡 名 称		说 明
形成时代与 活动情况	现代滑坡	活动滑坡	目前仍在活动(包括迅速的、缓慢的和间歇的等)
		静止滑坡	目前已停止活动
	古滑坡		有露天的和埋藏的
规 模 (体积)	巨型滑坡		大于 $1000 \times 10^4 \text{m}^3$
	大型滑坡		$1000 \sim 100 \times 10^4 \text{m}^3$
	中型滑坡		$100 \sim 10 \times 10^4 \text{m}^3$
	小型滑坡		小于 $10 \times 10^4 \text{m}^3$

滑坡活动程度的野外判定：一般从分析地貌特征，对比滑坡地段与稳定山坡的工程地质、水文地质条件，研究滑坡迹象与滑动因素的变化等方面，来判别滑坡的稳定程度，一般可参照下表。

## 2 滑坡稳定程度的野外判定表

特 征 滑 坡 要 素	稳 定 程 度		
		相 对 稳 定	不 稳 定
滑坡体		坡度较缓，坡面较平整，草木丛生，土体密实，无新生裂缝，无陷落和松塌现象，两侧沟谷已下切至基岩。	坡度较陡，平均陡度 30° 左右，坡面高低不平，有新生裂缝，有陷落和松塌现象，地表水、泉、湿地发育。
滑坡壁		滑坡壁相对较高(对滑坡体规模而言)，长满了树木，无新鲜擦痕。	滑坡壁相对不高，有塌陷现象，草木少，有新鲜擦痕和水、泉、湿地等。
滑坡平台		平台相对宽大，且已夷平。	平台相对不大，有向下缓倾或后倾现象
滑坡前缘及滑坡舌		前缘倾斜较缓，坡上有河水冲刷痕迹，并堆积了漫滩阶地，河水已远离舌部，舌部坡脚有清晰泉水。	前缘斜坡较陡，常处于河水冲刷之下，无漫滩阶地，有时有季节性泉水。

### 附 录 C 泥 石 流 分 类 (补充件)

(1) 依流域特征可划分为山坡型和河谷型两类。

(2) 依地貌特征可划分为山区泥石流和准山前区泥石流。

(3) 依物质成分可分为泥流、泥石流、水石流。

(4) 依流体性质可分为粘性泥石流(含大量粘性土，固体成分占 40%~60%，最高达 80%，粘性大和稀性泥石流(水为主，固体物质占 10%~40%，粘性土少)。

(5) 依泥石流特征、规模和破坏程度划分三类。

I 类：流域内水土流失和岩石风化作用均很强烈；滑坡、错落及崩塌发育，固体物质类型多、储量大、分布广；水源补给充分，汇水条件好；沟谷下切与侧蚀强烈，沟床纵坡大，布满大漂砾和巨石；泥石流爆发频繁，且规模大，破坏力强。

II 类：介于 I、III 类之间。

III 类：流域内水土流失和岩石风化作用轻微；个别地段有滑坡、错落及崩塌现象，固体物质类型单一，储量小；汇水条件差；沟床下切与侧蚀作用微弱，沟床纵坡接近一般山

间河谷；泥石流爆发次数很少，且规模小，破坏作用微弱。

(6) 依泥石流的发育阶段可分为发展期、旺盛期、衰退期和停歇期。

(7) 依泥石流规模划分为：

巨型泥石流：一次最大冲出土石体积大于  $50 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

大型泥石流：一次最大冲出土石体积  $20 \sim 50 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

中型泥石流：一次最大冲出土石体积  $2 \sim 20 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

小型泥石流：一次最大冲出土石体积小于  $2 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

### 附 录 D

#### 斜坡移动的国际分类(联合国教科文组织推荐, 1987)

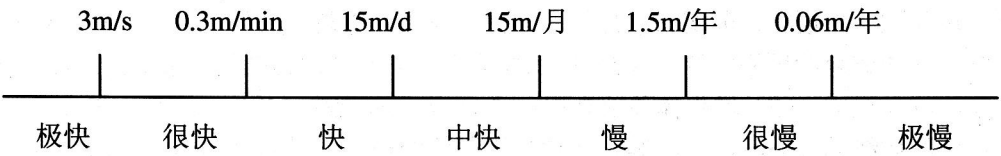
(补充件)

(主要的)移动类型		物质类别(移动前)	
		基岩	工 程 土
			粗粒为主 ← 碎屑土 → 细粒为主
I. 崩落类： 运动体大多数的行程是悬空的，包括自由崩落、•弹跳式移动和土或基岩碎块的滚动。		岩崩的，极快的	碎屑崩落      土崩落
II. 倒塌类： 由绕单元体重心以下支点产生倾覆力矩的力系引起移动。若不防止将导致崩落或滑坡		岩石倒塌	碎屑倒塌      土倒塌
III. 滑动类： 移动包括沿一个或几个面或在一个明显的或可合理推断的相对窄的带内剪切移动	A. 旋转滑动： 由绕单元体重心以上支点产生转动力矩的力系引起移动。碎裂面向上弯曲	岩石转动滑坡，极慢到中等	碎屑转动滑坡      土的转动滑坡
	B. 平移滑动： 主要沿大致平的或起伏不大的面移动。移动常受软弱结构面如断层、节理、岩层层面和层状沉积物的层间抗剪强度变化的结构面控制，或受坚硬基岩和上覆碎岩间接接触面控制	岩石块体滑坡或岩滑	碎屑滑坡，很慢到快      土的块体滑动
IV. 侧向扩展类： 在破裂体中分布着侧向扩展的移动： A. 没有一个轮廓分明的控制基底的剪切面或塑流带(主要在基岩内)； B. 岩石或土的扩展起因于其下面的物质的液化或塑流			土侧向扩展很快

<p>V. 流动类:</p> <p>A. 基岩流动:</p> <p>包括特殊的连续变形和与地表的及深部的蠕动。包括在相对完整的单元体中极慢和一般不加速的差速移动。其移动可能:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 是沿许多显然不接触的剪切面;</li> <li>2. 导致褶皱、弯曲或膨胀;</li> <li>3. 在速度分布上与粘滞流粗略相似。</li> </ol> <p>B. 土流动:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在移动体中的移动, 如运动物质采取的形式或表现速度和位移的分布形式, 类似粘性流。运动物质中的滑动面, 常常是不明显的或者是暂存的。运动物体和原状物质间的边界, 可能是差速运动的转折面或分布的剪切带。运动范围由极快到极慢</li> </ol>	<p>A. 岩石流 (深部蠕动) 沉陷或重力 下垂引起; 沉积盆地边 缘上的粘土 岩和煤向下 坡重力移动</p>	<p>湿 流      泥 流</p> <p>B. ①泥石流, ①湿砂土快到很快 ②融冻泥流      ②快的寸粘土流), 很快 ③碎屑雪崩,      ③土流, 很慢到很快到极快 ④土蠕动,      ④干砂砾, 快到极慢 ⑤块体流      ⑤黄土流(干的, 由地震引起), 级快, 亦有潮湿或湿的</p> <p>干 流</p>
<p>VII. 复合类:</p> <p>其移动由上述五个主要移动类型中的一个或几个的联合。虽然在特殊时间或在滑动过程中的某一区域内, 移动的一种类型常支配其它种类型而多数滑坡属复合移动</p>	<p>例:</p> <p>①岩崩—泥石流(岩崩、雪崩)      ②岩石滑坡—岩崩 ③转动滑坡和倒塌      ④隆起和突出, 似水平的正常结构 ⑤转动滑坡—土流</p>	

物质类别是按其开始移动前的状态分类, 若移动的类型变化则按其在运动变化时的状态分。

移动速度的衡量尺度:



## 附 录 A

### (参考件)

## 崩 塌 调 查 目 录

1、编号。2、地方(地、市、县、乡、村)。3、座标。4、动体周围未动(或暂时未动)部分：(1)主(后)壁：构成(构造结构面，非构造结构面<原生的，表生的>，卸荷结构面，复合结构面等)，形态，宽度，高度，壁顶高程，壁底高程，组成的岩土特征(名称和结构)；(2)底部(崩滑面)：构成(同主后壁)，形态，长度(顺崩滑方向)，宽度，高程，组成的岩土特征(名称和结构)与产状，断裂产状和密度，裂隙产状和密度；(3)侧壁：同主(后)壁【注：若分不出(后)壁、底部和侧壁，可作统一描述】。5、动体部分：(1)移动方向(方位角)；(2)移动垂直距离；(3)移动水平距离；(4)移动形式(散落，坠落，倾倒，错落，滑崩，流动；一次，多次)；(5)崩塌时间：有几次列几次，若无确切年代可查，可记述为古代的或老的、近代的或新的等；(6)动体原岩(土)特征(名称和结构一块状，厚层状，中层状，薄层状，片状，镶嵌，块裂，碎裂，散体，并说明是基岩的、风化的、第四纪正常沉积的或崩滑堆积的等)；(7)堆积体形态(平面的，剖面的，坡面的，坡角的等)；(8)堆积床形态和物质组成；(9)堆积体顶部高程；(10)堆积体规模(长度，宽度，厚度，面积，体积)；(11)堆积体物质组成(块度，岩性等)；(12)堆积体结构。6、崩塌前兆。7、崩塌地区地屋地形(特别是斜坡特征，地层岩性，地质构造，水文地质，不良地质作用，以及有关试验数据等。8、崩塌地区自然环境：气象与水文，特别是降水量及其变化、气温及其变化、地表水特征(尤其是水位变化)等。9、崩塌成因分析。10、崩塌造成的损失：致死人数，致伤人数，直接经济损失和间接经济损失(列出项目)等。11、已有防治方法、效益和进一步防治意见：已有防治方法记述到具体工程措施；效益要数量化，包括投入资金、保护人口和财产(可折合成人民币)等。12、发展趋势预：未动部分稳定性，动体部分稳定性。13、研究程度：访问，遥感解译，现场调查，勘查(具体到比例尺和阶段)。14、图和照片。

## 附 录 B

### (参考件)

## 滑 坡 调 查 目 录

1、编号。2、地方(地、市、县、乡、村)。3、坐标。4、滑坡体周界：长度(顺滑坡轴)，宽度(垂向滑坡轴)。5、滑坡体厚度：最大，最小，一般：前部，中部，后部。6、滑坡体体积。7、滑坡体物质。8、滑坡体结构：天然结构未破坏(片状，层状，块状)，天然结构已破坏(粉碎的，碎裂的，块裂的，干燥的，湿润的，液态的)。9、滑坡台阶(台坎)：台阶级数，各级台阶的物质组成、高度和台面形态、面积、完整性与高程。10、滑坡埂特征。11、滑坡鼓丘特征。12、滑坡裂隙：按性质分拉张、鼓张、剪切：按形状分羽状、扇形等。均应调查其产状和分布部位。13、滑坡轴(主滑线)：长度，指向(方位角，若为曲线状，要说明其方位角变化情况)。14、滑动带：单层，多层(说明主次)，形态，物质组成，结构，厚度，埋深。15、滑动面：单层，多层(说明主次)，形状(直线型、圆弧型、折线型等)，产状，构造(构造结构面，非构造结构面<原生的，表生的>，卸荷结构面，复合结构面等。各类结构面应进一步细分，使之具体化；物质组成(所依附的下伏母岩岩性和产状等)，埋深，滑动面与岩土结构面的关系(五层，顺层，切层)。16、剪出口：单一的，多层的(说明主次)，横向形态，物质组成，高程。17、滑坡滑动距离：水平的，垂直的。18、滑坡全程滑动时间。19、滑坡速度：最好有具体数据(根据访问或监测)，若无具体数据可根据滑坡特征评估出缓动低速、常动高速或剧动高速，也可用非常快、很快、快、中等、慢、很慢、非常慢描述。20、滑坡年代：有几次列几次，若无确切年代可查，可描述为古代的或老的，近代的或新的等。21、滑坡前缘(滑坡舌)：物质组成，状态【裸露的，埋藏的(堆积物覆盖的，水体掩盖的)】，临空面形态(平缓的，陡立的等)，构成(河岸，斜坡)，缘顶高程，缘底高程。22、滑坡侧缘：构成(同 15)，物质组成，缘顶高程，缘底高程。23、滑坡后缘：构成(同 15)，物质组成，缘顶高程，缘底高程。24、封闭洼地(滑坡地堑)：形状，规模(长度、宽度，深度)，有无充填或积水。25、滑坡力学性质：牵引，拉裂，推动，混合。26、滑动特点：平移，转动，混合。27、滑冲方式：俯冲，仰冲，混合。28、滑坡组合形式及其与其它变形方式的关系：单一的，复合(叠加)的，群体的：崩滑的，流滑的，滑塌的。29、滑坡前兆。30、滑坡区地质环境：地形(特别是斜坡特征)，地层岩性，地质构造，水



文地质, 不良地质作用, 以及试验数据等。31、滑坡区自然环境(数量化): 气象与水文, 特别是降水量及其变化、气温及其变化、地表水特征(由其是水位变化)、植被情况等。32、滑坡成因分析: (1)岩土性质和状态变化: 天然的(水的作用, 物理或化学作用, 冻结层融化等), 人为的; (2)斜坡形状改变: 天然的, 人为的; (3)主要动力: 天然的(岩土体重量, 裂隙中静水压力, 渗透水的动力压力, 地震, 其它), 人为的。33、滑坡类型的综合性描述。34、滑坡造成的损失: 致死人数, 致伤人数, 直接经济损失和间接经济损失(列出项目)。35、已有防治方法、效益和进一步防治意见: 已有防治方法记述到具体工程措施; 效益要数量化, 包括投入资金, 保护人口和财产(可折合人民币)等。36、发展趋势预测: 已稳定, 基本稳定, 潜在不稳定, 将要滑动, 正在滑动。37、研究程度: 访问, 遥感解译, 现场调查, 勘查(具体到比例尺和阶段)。38、图和照片。

## 附 录 C

(参考件)

### 泥 石 流 调 查 目 录

1、编号。2、地方(地、市、县、乡、村)。3、坐标。4、形成区: (1)地形特征和高程变化; (2)地层岩性(岩土特征); (3)地质构造; (4)水文地质; (5)固体物来源(冲积物, 残坡积物, 崩滑堆积物, 人为堆积物, 其它)和数量; (6)汇水面积; (7)水的来源(降雨型, 融雪型, 冰川型, 水体溃决型, 其它); (8)水量; (9)发生时间和速度; (10)发生时的力学性质: 土力型(滑坡型、崩塌型等), 水力型(坡面侵蚀, 沟床侵蚀等); (11)爆发前兆; (12)爆发原因分析。5、流通(搬运)区: (1)沟谷类型; (2)长度; (3)宽度; (4)底部高程和纵坡降; (5)物质成分(水石质, 泥石质, 泥质); (6)物质结构和流变性质【粘性—结构型, 稀性(非粘性)—紊流型】; (7)流动持续性(阵流的, 持续的); (8)流动时间和速度。6、堆积(停积)区: (1)地形特征(沟口, 山间谷地, 山间盆地, 山前平原等, 以及它们的高程变化); (2)堆积形态(扇形, 长堤形…); (3)堆积规模(长度, 宽度, 厚度, 面积, 体积); (4)堆积物岩(土)性与分布规律; (5)堆积物颗粒组成、结构及其分布规律; (6)堆积时间和速度。7、泥石流区地质环境: 地形(特别是沟谷地形), 地层岩性, 地质构造, 水文地质, 不良地质

作用，以及有关试验数据等。8、泥石流自然环境：气象与水文，特别是降雨量及其变化、气温及其变化，地表水特征(尤其是水位和流量)等。9、泥石流活动历史和爆发频率。10、泥石流引起的其它次生灾害。11、泥石流类型的综合性描述[考虑四种指标：(1)形成特点和爆发起因，(2)结构和流变类型、(3)物质成份类型，(4)规模和破坏力]。12、泥石流造成的损失：致死人数，致伤人数，直接经济损失和间接经济损失(列出项目等)。13、已有防治方法、效益和进一步防治意见：已有防治方法记述到具体工程；效益要数量化，包括投入资金、保护人口和财产(可折合成人民币)等。14、发展趋势预测。15、研究程度：访问，遥感解释，现场调查，勘查(具体到比例尺和阶段)。16、图和照片

### **附加说明**

本规范主编单位：地质矿产部长江三峡链子崖和黄腊石地质灾害防治工程指挥部

本规范主要编写人员：郭希哲 徐开祥 黄学斌 贾家麟 柳 源