

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0221—2006

崩塌、滑坡、泥石流监测规范

Monitoring code of rockfall, landslide and debris flow

2006-06-05 发布

2006-09-01 实施

中华人民共和国国土资源部 发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	1
5 基本要求	2
6 滑坡与崩塌监测	3
7 泥石流监测	7
8 资料整理	9
附录 A (资料性附录) 崩塌、滑坡、泥石流一般分类	12
附录 B (资料性附录) 斜坡移动的国际分类(联合国教科文组织推荐,1987)	14
附录 C (资料性附录) 滑坡稳定性野外评价指标	16
附录 D (资料性附录) 滑坡发育阶段划分	18
附录 E (资料性附录) 滑坡、崩塌变形监测主要内容和主要(常用)方法	19
附录 F (规范性附录) 滑坡综合信息预报系统	23
附录 G (资料性附录) 泥石流活动预测方法	25
附录 H (规范性附录) 泥石流活动预报方法	27
附录 I (资料性附录) 监测墩(标石)类型结构图	29

前 言

本规范的附录 F、附录 H 为规范性附录，附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 G、附录 I 为资料性附录。

本规范由国土资源部地质环境司提出。

本规范由国土资源部国际合作与科技司归口管理。

本规范主要起草单位：国土资源部三峡库区地质灾害防治工作指挥部（原长江三峡链子崖和黄腊石地质灾害防治工程指挥部）。

本规范起草人：郭希哲、徐开祥、黄学斌、贾家麟、柳源、彭光忠、谭炳炎。

本规范由国土资源部地质环境司负责解释。

引 言

为了提高崩塌、滑坡变形监测和泥石流活动监测的水平,规范监测行为,制定本规范。
本规范起草于 1994 年,已在三峡库区地质灾害防治工程中试行,本次发布做了修订。

崩塌、滑坡、泥石流监测规范

1 范围

本规范规定了滑坡、崩塌变形与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,以及变形破坏或活动预报等技术要求。

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

本规范以专业监测为主,部分内容可供群测群防监测参见。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

DZ/T 0218 滑坡防治工程勘查规范

DZ/T 0220 泥石流灾害防治工程勘查规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

变形监测 deformation supervision

对地表和地下一定深度范围内的岩土体与其上建筑物、构筑物的位移、沉降、隆起、倾斜、挠度、裂缝等微观、宏观现象,在一定时期内进行周期性的或实时的测量工作。

4 总则

4.1 监测任务

- a) 监测滑坡、崩塌与泥石流的形变或活动特征及相关要素。
- b) 研究滑坡、崩塌与泥石流的地质环境、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。
- c) 研究和掌握滑坡、崩塌变形破坏与泥石流活动的规律及其发展趋势,为地质灾害防治工程勘查、设计、施工提供资料,检验防治工程效果。
- d) 研究、制定滑坡、崩塌变形破坏判据和泥石流活动判据,及时按有关规定预报灾害可能发生的时间、地点和强度(量级)。

4.2 专业监测

专业监测的滑坡、崩塌与泥石流,应是稳定性差的滑坡、崩塌与泥石流。

专业监测站(点)按其所在位置的重要性划分为四级,见表1。

表 1 监测站(点)分级表

监测站(点)分级	所处位置的重要性	失稳或活动的危害性	出现滑坡、崩塌变形破坏或泥石流活动时受灾害威胁的人数/人	滑坡、崩塌出现变形破坏或泥石流活动时潜在可能造成的经济损失/万元
I级	特别重要 (县级和县级以上城镇等)	特大	>1 000	>10 000
II级	重要 (重要集镇、重要工矿企业和重要交通设施等)	大	1 000~500	10 000~5 000
III级	较重要 (集中居民点、一般工矿企业等)	中	500~100	5 000~100
IV级	较重要 (居民点、一般工矿企业等)	小	<100	<100

4.3 群测群防监测

列入群测群防监测的滑坡、崩塌与泥石流,一般是潜在不稳定的,受威胁的人数和潜在可能造成的经济损失均较少的滑坡、崩塌与泥石流。

5 基本要求

5.1 对确定进行监测的滑坡、崩塌和泥石流,应有相应的地质调(勘)查等资料做依据。这些资料包括:

- a) 地质勘查报告(或说明书)。主要包括:
 - 1) 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。
 - 2) 滑坡、崩塌与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。参见附录 A~附录 D。
 - 3) 滑坡、崩塌与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。滑坡、崩塌稳定性野外评价参见附录 C,发育阶段分析参见附录 D。
- b) 滑坡、崩塌与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,包括人口、直接经济价值等。
- c) 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 滑坡、崩塌与泥石流监测站(点)布设之前,应有上级部门或委托单位下达的任务书,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,滑坡、崩塌与泥石流的特征、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或委托单位的审批。

5.3 监测内容依据下列因素确定:

- a) 滑坡、崩塌与泥石流的赋存条件、地质特征和变形、活动的主要因素与相关因素。
- b) 滑坡、崩塌变形破坏的可能方式和泥石流活动的可能方式。
- c) 滑坡、崩塌变形阶段,变形量和泥石流发育阶段、活动频率。
- d) 滑坡、崩塌与泥石流稳定性评价的需要和预报模型、预报判据的需要。

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,并随其发展过程和稳定状况增加或减少监测项目,完善监测内容。

群测群防监测应重点监测相对位移和变形、活动的主要相关因素。

5.4 滑坡、崩塌与泥石流的监测方法,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、技术可行性和经济合理性等,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,形成合理的监测方法的组合。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。

群测群防监测,一般采用简易方法进行监测。

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。

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,没有自检、自校功能时应至少每三个月进行一次人工检查、校正,确保长期稳定。在自动化监测的同时,应适当地进行人工监测,保证在仪器、设备发生故障时,观测数据不中断。

5.7 滑坡、崩塌变形监测精度,根据其变形量确定。监测误差应小于变形量的 $1/5\sim 1/10$ 。

5.8 应及时进行监测资料的编录、整理和分析研究。有条件的专业监测站(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 及时进行滑坡、崩塌变形破坏预报和泥石流发生、发展、爆发预报。预报分为中长期、短期和临灾预报。

- a) 中长期预报,指一以上的危险性的预报。包括滑坡、崩塌与泥石流地质灾害区划和易发区的圈定。
- b) 短期预报,指在一年到几天内将要发生的预报。
- c) 临灾预报,指在几天内将要发生的预报。

中长的预报,在月报、季报、年报中提出;短期和临灾预报,随时出现随时提出,以专报形式提交。

5.10 滑坡、崩塌与泥石流,经治理或受自然环境影响已处于平稳状态时,经上级部门或委托单位批准后可以结束监测。

6 滑坡与崩塌监测

6.1 监测内容

6.1.1 滑坡、崩塌监测的内容,分为变形监测、相关因素监测、宏观前兆监测。

6.1.2 滑坡、崩塌变形监测。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。

- a) 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。
 - 1) 绝对位移监测。监测滑坡、崩塌的三维(X、Y、Z)位移量、位移方向与位移速率。
 - 2) 相对位移监测。监测滑坡、崩塌重点变形部位裂缝、崩滑面(带)等两侧点与点之间的相对位移量,包括张开、闭合、错动、抬升、下沉等。
- b) 倾斜监测。分为地面倾斜监测和地下(平洞、竖井、钻孔等)倾斜监测,监测滑坡、崩塌的角变位与倾倒、倾摆变形及切层蠕滑。
- c) 与滑坡、崩塌变形有关的物理量监测。一般包括地应力、推力监测和地声、地温监测等。

6.1.3 滑坡、崩塌形成和变形相关因素监测。一般包括下列内容:

- a) 地表水动态。包括与滑坡、崩塌形成和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滑坡、崩塌的影响,分析地表水动态变化与滑坡、崩塌地下水补给、径流、排泄的关系,进行地表水与滑坡、崩塌形成与稳定性的相关分析。

- b) 地下水动态。包括滑坡、崩塌范围内钻孔、井、洞、坑、盲沟等地下水的水位、水压、水量、水温、水质等动态变化,泉水的流量、水温、水质等动态变化,土体含水量等的动态变化。分析地下水补给、径流、排泄及其与地表水、大气降水的关系,进行地下水与滑坡、崩塌形成与稳定性的相关分析。
- c) 气象变化。包括降雨量、降雪量、融雪量、气温等,进行降水等与滑坡、崩塌形成与稳定性的相关分析。
- d) 地震活动。监测或收集附近及外围地震活动情况,分析地震对滑坡、崩塌形成与稳定性的影响。
- e) 人类活动情况。主要是与滑坡、崩塌的形成、活动有关的人类工程活动,包括洞掘、削坡、加载、爆破、振动,以及高山湖、水库或渠道渗漏、溃决等,并据以分析其对滑坡、崩塌形成与稳定性的影响。

6.1.4 滑坡、崩塌变形破坏宏观前兆监测。一般包含下列内容:

- a) 宏观形变。包括滑坡、崩塌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,以及建筑物或地面的破坏等。测量其产出部位、变形量及其变形速率。
- b) 宏观地声。监听在滑坡、崩塌变形破坏前常常发出的宏观地声,及其发声地段。
- c) 动物异常观察。观察滑坡、崩塌变形破坏前其上动物(鸡、狗、牛、羊等)常常出现的异常活动现象。
- d) 地表水和地下水宏观异常。监测滑坡、崩塌地段地表水、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、浑浊,突然出现新泉等。

6.1.5 滑坡、崩塌都应进行绝对位移、相对位移、宏观变形前兆监测和主要相关因素监测。监测的具体内容应根据滑坡、崩塌特点,有针对性的确定。

6.1.6 不同类型和特点的滑坡、崩塌,其相关因素监测的重点内容是:

- a) 降雨型土质滑坡,应重点监测地下水、地表水和降水动态变化等内容;降雨型岩质滑坡、崩塌,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。
- b) 冲蚀型及明挖型滑坡、崩塌,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。
- c) 洞掘型滑坡、崩塌,应进行洞内、井下地压监测。包括:顶板(老顶)下沉量及岩层倾角变化,顶板冒落、侧壁鼓出或剪切,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。

6.2 监测方法

滑坡、崩塌变形监测方法,分为地表变形监测、地下变形监测、与滑坡、崩塌变形有关的物理量监测和与滑坡、崩塌形成、活动相关因素的监测等,方法很多(参见附录 E),应根据滑坡、崩塌特点,本着少而精的原则选用。

列为群测群防监测的滑坡、崩塌,宜用地表变形监测中的简易监测法和宏观变形地质监测法监测。

6.3 监测频率

正常情况下每 15 天一次,比较稳定的可每月一次;在汛期,雨季,预报期,防治工程施工期等情况下应加密监测,宜每天一次或数小时一次直至连续跟踪监测。

6.4 监测点网布设

6.4.1 滑坡、崩塌变形监测网,应根据滑坡、崩塌的地质特征及其范围大小、形状、地形地貌特征、视通条件和施测要求布设。监测网是由监测线(即监测剖面,以下简称测线)、监测点(以下简称测点)组成的三维立体监测体系,监测网的布设应能达到系统监测滑坡、崩塌的变形量、变形方向,掌握其时空动态和发展趋势,满足预测预报精度等要求。

6.4.2 滑坡、崩塌变形测线,应穿过滑坡、崩塌的不同变形地段或块体,并尽可能照顾滑坡、崩塌的群体

性和次生复活特征,还应兼顾外围小型滑坡、崩塌和次生复活的滑坡、崩塌。测线两端应进入稳定的岩土体中。纵向测线与主要滑坡、崩塌变形方向相一致;有两个或两个以上变形方向时,应布设相应的纵向测线;当滑坡、崩塌呈旋转变形时,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 and 稳定性计算剖面,充分利用钻孔、平洞、竖井等勘探工程。

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

6.4.3 测点应根据测线建立的变形地段、块体及其组合特征进行布设,在测线上或测线两侧 5 m 范围内宜布设。以绝对位移监测点为主,在沿测线的裂缝、滑带、软弱带上布设相对位移监测点,并利用钻孔、平洞、竖井等勘探工程布设深部位移监测点。每个测点,均应有自己独立的监测、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:

- a) 变形速率较大或不稳定块段与起始变形块段(滑坡源、崩塌源等)。
- b) 初始变形块段(滑坡主滑段、推移滑动段、松脱滑动段等)。
- c) 对滑坡、崩塌稳定性起关键作用或破坏初始块段(滑坡阻滑段、崩塌锁固段等)。
- d) 易产生变形部位(剪出口、裂缝、临空面等)。
- e) 控制变形部位(滑带、软弱带、裂缝等)。

6.4.4 滑坡变形监测网型,有如下几种:

- a) 十字型。纵向、横向测线构成十字型,测点布设在测线上。测线两端放在稳定的岩土体上并分别布设为测站点(放测量仪器)和照准点。在测站点上用大地测量法监测各测点的位移情况。这种网型适用于范围不大、平面狭窄、主要活动方向明显的滑坡。
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、“卅”字型或“卅”字型等,均根据需要确定。
- b) 方格型。在滑坡范围内,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)。测站点、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,适用于滑坡地质结构复杂,或群体性滑坡。
- c) 三角(或放射)型网。在滑坡外围稳定地段设测站点,自测站点按三角形或放射状布设若干条测线,在各测线终点设照准点,在测线交点或测线上设测点,在测站点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。
- d) 任意型。在滑坡范围内布设若干测点,在外围稳定地段布设测站点,用三角交会法、GPS 法等监测测点的位移情况。适用于自然条件、地形条件复杂的滑坡的变形监测。
- e) 对标型。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,可用此网型监测滑坡重点部位的绝对位移和相对位移。
- f) 多层型。除在地表布设测线、测点外,利用钻孔、平洞、竖井等地下工程布设测点,监测不同高程、不同层位滑坡的变形情况。

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

测站点、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 条 1 款。必要时设保护桩和负桩,防止测桩遭受自然或人为因素破坏。

6.4.5 崩塌变形监测网形可根据崩塌体所处的地形与地质条件参见 6.4.4 布设。

6.5 变形破坏预报

6.5.1 分级分主次确定滑坡、崩塌变形破坏的预报对象。

监测对象可以是但不一定全是主要预报对象,尤其是对大型滑坡、崩塌或崩滑群。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) 对整个滑坡、崩塌的稳定性起关键作用的地段或块体。
- d) 对整个滑坡、崩塌的变形破坏具有代表性的地段或块体。

6.5.2 正确确定崩滑灾害范围。

- a) 灾害范围应包括:
 - 1) 滑坡、崩塌自身的范围。
 - 2) 滑坡、崩塌运动所达到的范围。
 - 3) 滑坡、崩塌所造成的次生灾害(如涌浪、堵江、堵河、堵渠和在暴雨条件下滑坡、崩塌迅速转化为泥石流等)的危害范围。
 - 4) 地震、暴雨等其他灾害条件下放大效应所波及的范围。
- b) 确定灾害范围时,应考虑下列条件:
 - 1) 滑坡、崩塌运动的规模、范围、形式和方向。
 - 2) 滑坡、崩塌运动场所内的地形、地貌、地质及水文条件。
 - 3) 滑坡、崩塌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。
 - 4) 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。

6.5.3 滑坡、崩塌变形破坏预报等级,按时间分为:预测级、预报级、警报级。各等级内容见表 2。

表 2 滑坡与崩塌预报等级表

预报等级	时间	空间	方法	指标	手段	预防措施
中长期预报 (预测级)	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
短期预报 (预报级)	1年~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
临灾预报 (警报级)	几天以内	单体	监测	警戒值	1. 变形位移监测和地声等物理量监测; 2. 宏观变形监测; 3. 气象、水文与地质等相关因素监测	紧急避难

6.5.4 区域性滑坡、崩塌变形破坏预报,主要进行预测级和部分预报级预报。宜在每年雨季前进行巡查并进行稳定性评价,提出预报报告。

6.5.5 单体滑坡、崩塌变形破坏预报,应合理选择预报参数。一般情况下:

- a) 短临前兆参数是首要的预报参数,是准确预报滑坡、崩塌变形破坏的参数。
- b) 多维位移监测数据,是滑坡、崩塌变形破坏预报的最基本参数,其中绝对位移数据是预报模型所必须的参数。
- c) 倾斜监测数据,是滑坡、崩塌变形破坏预报的重要参数之一。
- d) 地声监测数据,是岩质滑坡、崩塌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。

- e) 地应力、滑坡推力、地温及地下水监测数据,均是滑坡、崩塌变形破坏表征的预报参数。
- f) 应结合实际监测内容和方法选取预报参数,进行多参数综合评判和预报,以提高预报的准确性。

6.5.6 宏观前兆监测资料对滑坡、崩塌变形破坏预报极为重要,在分析 6.5.5 条所列参数时,必须和宏观监测资料相结合。

6.5.7 滑坡、崩塌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:

- a) 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。
- b) 在进行滑坡变形破坏预报时,宜建立类比分析、因果分析、统计分析等模型,进行多参数、多模型的综合评判提高预报的准确性。
- c) 预报模型建立以后,应利用已经发生过的相似的滑坡、崩塌的监测资料,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。
- d) 预报模型与预报判据均应由主管部门或单位组织专家评审、鉴定。

滑坡、崩塌综合信息预报模型,是通过对比滑坡、崩塌变形阶段的判据建立起来的预报模型,见附录 F。

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、气象水文条件等)监测、运动特征(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和固体物质、性质、类型、规模的基础上(参见附录 A、附录 B),进行稳定状态监测。固体物质来源于滑坡、崩塌的,其监测内容按 6.1 的规定:固体物质来源于松散物质(含松散体岩土层和人工弃石、弃渣等堆积物)的,应监测其在受暴雨、洪流冲蚀等作用下的稳定状态。

7.1.3 气象水文条件监测。点监测降雨量和降雨历时等;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。当上游有高山湖、水库、渠道时,应评估其渗漏的危险性。

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,并取样分析,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。

I、II 级监测站(点),应监测泥位。

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滑坡、崩塌的,其变形破坏监测方法应按 6.2 的规定。固体物质来源于松散物质的,可以在不同地质条件地段设立标准片蚀监测点,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 暴雨型泥石流应设立以监测降雨为主的气象站,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,宜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等自动化监测仪器,进行降雨量的监测。

对冰雪消融型泥石流,还应对冰雪消融量进行监测。

降雨入渗和地下水动态监测方法按 6.2 的规定。

7.2.3 泥石流动态要素、动力要素监测,应在选定的若干个断面上进行。

- a) 小型泥石流沟或爆发频率低的泥石流沟,一般采用水文观测方法进行监测。
- b) 较大的或爆发频率较高的泥石流沟,宜利用专门仪器进行监测。常用的有雷达测速仪、各种传感器与冲击力仪、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、动态立体摄影测量等。

7.2.4 泥石流流体特征监测应与泥石流运动特征监测结合进行。

7.2.5 在有条件时,宜采用遥感技术对泥石流规模、发育阶段、活动规律等进行中长期动态监测,用地面多光谱陆地摄影、地面立体摄影测量技术,进行短周期动态监测。

7.3 监测频率

泥石流监测频率与 6.3 相同。其中以降雨监测为中心的气象监测频率,应与附近气象部门气象站的监测频率保持一致。

7.4 监测点网布设

7.4.1 在泥石流补给区、流动区和堆积区,都应布设一定数量的监测点网。

7.4.2 泥石流固体物质来源于滑坡、崩塌的,其变形破坏监测点网的布设按 6.4 规定。固体物质来源于松散物质的,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,测点密度按表 3 确定。

表 3 松散物质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。

7.4.3 以监测降雨为主的泥石流气象站,应布设在泥石流沟或流域内有代表性的地段或试验场。降雨按下列原则布设监测点:

- a) 泥石流形成区及其暴雨带内。
- b) 泥石流沟或流域内滑坡、崩塌和松散物质储量最大的范围内及沟的上方。
- c) 测点选在四周空旷、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。
- d) 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。测点宜以网格状方式布设,泥石流沟或流域面积小时也可采用三角形方式布设。

7.4.4 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,可按下式估算:

$$L \geq t \cdot V \dots\dots\dots(1)$$

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),多按下游居民避难的最短时间考虑。

泥位监测点布设在防护点上游的基岩跌水或卡口处(距防护点的距离 $\geq L(m)$)部位,且在其区间河段内无其他径流补给或补给量可忽略不计。监测并确定警报泥位及雨量。

7.5 活动预报

7.5.1 泥石流活动预报方法很多,包括宏观前兆法、类比分析法、因果分析法、统计分析法、仪器微观监

测法等,可结合不同地区泥石流活动特点和监测资料选择使用。

7.5.2 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4。

表4 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
中长期预报 (预测级)	1年以上	区域,单沟	调查评价	危险度	危险度区划和数据库	防治工程或搬迁
短期预报 (预报级)	1年~几小时	区域,单沟	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
临灾预报 (警报级)	几小时以内	单沟	监测	警戒值	降雨、泥位、地声、流速等监测仪 器及其报警装置	紧急避难

7.5.3 泥石流活动预测

参见泥石流活动预测,应对已取得的泥石流勘查、监测资料进行综合分析,确定泥石流形成和活动的主要因素,对泥石流的活动规律和可能产生的危害性进行危险度评判。泥石流活动预测方法参见附录H。

7.5.4 泥石流活动预报

- 泥石流活动预报应在预测的基础上进行。应详细分析研究地质、地貌资料和监测数据,掌握泥石流活动的激发因素及其动态变化,及时接收各种指标,并迅速传递到下游保护区。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。
- 泥石流活动预报包括区域性(含局地性)预报和单沟预报。利用短历时暴雨对单沟泥石流活动进行预报的方法见附录H。

7.5.5 泥石流活动警报

在泥石流临近爆发时,原地监测站(或监测中心)应根据泥石流主要影响因素接近临界值的程度及振动、声音、泥位等特征,迅速向下游保护区发出警报信息并采取紧急措施,避免或减少损失。

8 资料整理

8.1 资料整理任务

滑坡、崩塌和泥石流监测资料整理的任务是:对各种监测数据进行综合整理归纳和分析、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,对滑坡、崩塌与泥石流的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 监测数据采集方法

- 监测点位的自动记录。包括各类位移监测点位处的自动记录和探头位置处的自动记录。
- 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。
- 中心站处的自动记录。探头输出信号通过有线或无线方式传送到中心站,中心站将信号连续转换为数字输出。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。
- 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

- a) 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。
- b) 自动记录系统有可能会产生附加的错误源。记录数据在用计算机处理之前,应对数据逐一进行筛选,检查和误差解释,消除明显的错误。

8.3 监测数据处理

8.3.1 建立监测数据库。根据监测资料类别分别建立相应的监测数据库。包括地质条件数据库、地质灾害数据库和监测数据库等。

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、数据处理方法和程序软件包,对监测资料进行分析处理。一般包括滑坡、崩塌变形量、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、降雨过程曲线等,并进行时序和相关分析。

8.4 监测资料整理

8.4.1 监测资料应及时整理、建档。

- a) 对于手动记录的原始监测数据,应计算其长度、体积、压力等有关参数,并与其他有关资料如日期、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。
- b) 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。
- c) 对于全自动记录的数据,应及时进行数据拷贝,并编号存档。

8.4.2 应按规定间隔时间(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计算特征值,如求和,最大值,最小值,平均值等,并分类建档。

8.4.3 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,编制相应的图件。重要图件包括:

- a) 对经对位移监测资料应编制水平位移、垂向位移矢量图及累计水平位移垂向位移矢量图,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、垂向位移等)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等。
- b) 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。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图及位移历时曲线图等。
- c) 对地声等物理量监测资料应编制地声(噪音)总量与地应力、地温等历时曲线图和分布图等。
- d) 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。
- e) 对气象监测资料应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。
- f) 为进行相关分析,还应编制如下图件:滑坡、崩塌变形位移量(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、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;滑坡、崩塌区与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。

8.4.4 编制监测报告,分为月报、季报、年报。

监测月报、季报应反映主要监测数据和主要历时曲线及相关曲线图等,并对该时段内的滑坡、崩塌与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:自然地理与地质概况,滑坡、崩塌(或泥石流)特征与成因、变形或活动动态特征和发展趋势,结论和建议(稳定程度,防灾、治灾措施等)。若有防治工程,应增加防治工程效果评价。主要图和表包括:地质图、监测点网布置图,各种监测资料分析图和数据表等。



附录 A

(资料性附录)

崩塌、滑坡、泥石流一般分类

A.1 崩塌(危岩体)一般分类

表 A.1 崩塌(危岩体)一般分类表

划分依据	类型	特征说明
破坏方式	滑移式崩塌	危岩沿软弱面滑移,于陡崖(坡)处塌落
	倾倒式崩塌	危岩转动倾倒塌落
	坠落式崩塌	悬空或悬挑式岩块拉断、折断塌落
危岩体体积	小型危岩	$<1 \times 10^4 \text{m}^3$
	中型危岩	$1 \times 10^4 \text{m}^3 \sim 10 \times 10^4 \text{m}^3$
	大型危岩	$10 \times 10^4 \text{m}^3 \sim 100 \times 10^4 \text{m}^3$
	特大型危岩	$>100 \times 10^4 \text{m}^3$
危岩体顶端距 陡崖(坡)脚高度	低位危岩	$\leq 15\text{m}$
	中位危岩	$15\text{m} \sim 50\text{m}$
	高位危岩	$50\text{m} \sim 100\text{m}$
	特高位危岩	$>100\text{m}$

A.2 滑坡一般分类

表 A.2 滑坡一般分类表

划分依据	名称类别	特征说明
物质组成	土质滑坡	发生在冲积、洪积、坡积、崩积、残积等松散层中的滑坡
	岩质滑坡	发生在基岩中的滑坡
滑面与岩层面 关系	顺层滑坡	沿层面滑动的滑坡,发生在岩层倾向与坡向一致,且倾角 $<$ 坡角;残、坡积物顺着下伏基岩层面滑动的滑坡,亦属顺层滑坡
	切层滑坡	滑动面与岩层面相切,常沿倾向山外的一组软弱结构面发生,多发育在逆向坡或近水平岩层的斜坡中
滑体厚度	浅层滑坡	滑坡体厚度 $\leq 10\text{m}$
	中层滑坡	滑坡体厚度 $10\text{m} \sim 25\text{m}$
	深层滑坡	滑坡体厚度 $25\text{m} \sim 50\text{m}$
	超深层滑坡	滑坡体厚度 $>50\text{m}$
始滑部位及 运移形式	推移式滑坡	始滑部位位于滑坡后缘,主要动力来自滑坡后部的自重或加载
	松脱(牵引)式滑坡	始滑部位在滑坡前缘,主要原因是坡脚受河流冲刷或人工开挖临空前缘卸荷、拉张、松脱
	混合式滑坡	始滑部位前、后缘结合,共同作用

表 A.2 (续)

划分依据	名称类别	特征说明
诱发因素	工程滑坡	由施工开挖,或建筑物或人工堆积加载,或水库蓄水等,工程活动引起的滑坡
	自然滑坡	由自然地质作用形成的滑坡
形成年代	新滑坡	全新始以来、有历史记载或滑坡形迹清晰、保存完好的滑坡
	老滑坡	晚更新世以来、无历史记载或滑坡形迹不清晰的滑坡
	古滑坡	晚更新世以前形成的滑坡(距今 12.5 万年以前)
滑体体积	小型滑坡	$\leq 10 \times 10^4 \text{ m}^3$
	中型滑坡	$10 \times 10^4 \text{ m}^3 \sim 100 \times 10^4 \text{ m}^3$
	大型滑坡	$100 \times 10^4 \text{ m}^3 \sim 1000 \times 10^4 \text{ m}^3$
	特大型滑坡	$> 1000 \times 10^4 \text{ m}^3$
滑坡期次	复活型滑坡	古滑坡、老滑坡整体或局部再次活动
	新生型滑坡	初次发生的滑坡

A.3 泥石流一般分类

A.3.1 依流域特征,分为山坡型(坡面型)泥石流和河谷型(沟谷型)泥石流。

A.3.2 依地貌特征,分为山区泥石流和准山前区泥石流。

A.3.3 依物质成分,分为泥流、泥石流、水石流。

A.3.4 依流体性质,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;

稀性泥石流。以水为主,固体物质占 10%~40%,粘性土少。

A.3.5 依泥石流特征、规模和破坏程度分三类:

I类:流域内水土流失和岩石风化作用均很强烈;滑坡、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、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。

A.3.6 依泥石流的发育阶段,分为发展期、旺盛期、衰退期和停歇期。

A.3.7 依泥石流规模。

a) 按一次性规程土石体积

特大型泥石流:一次堆积土石体积 $> 100 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

大型泥石流:一次堆积土石体积 $= 100 \times 10^4 \text{ m}^3 \sim 10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

中型泥石流:一次堆积土石体积 $= 10 \times 10^4 \text{ m}^3 \sim 1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

小型泥石流:一次堆积土石体积 $< 1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

b) 按洪峰量

特大型泥石流:洪峰量 $> 200 \text{ m}^3/\text{s}$

大型泥石流:洪峰量 $= 200 \text{ m}^3/\text{s} \sim 100 \text{ m}^3/\text{s}$

中型泥石流:洪峰量 $= 100 \text{ m}^3/\text{s} \sim 50 \text{ m}^3/\text{s}$

小型泥石流:洪峰量 $< 50 \text{ m}^3/\text{s}$

附录 B

(资料性附录)

斜坡移动的国际分类(联合国教科文组织推荐,1987)

B.1 斜坡移动的国际分类表

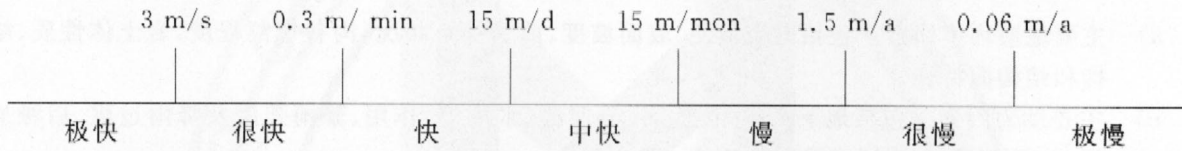
表 B.1 斜坡移动的国际分类表(联合国教科文组织推荐,1987)

(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	土的块体滑坡
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其下面的物质的液化或塑流				土侧向扩展很快
V. 流动类 A. 基岩流动: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: 1. 是沿许多显然不接触的剪切面; 2. 导致褶皱、弯曲或膨胀; 3. 在速度分布上与粘滞流粗略相似。 B. 土流动: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		A. 岩石流(深部蠕动)沉降或重力下垂引起;沉积盆地边缘上的粘土岩和煤向下坡重力移动	B. ① 泥石流,很快; ② 融冻泥石流; ③ 碎屑雪崩,很快到极快; ④ 土蠕动,极慢; ⑤ 块体流	湿流 ① 湿砂或粉砂流,快到很快; ② 快的土流(快的粘土流),很快; ③ 土流,很慢到快; ④ 干砂流,快到很快; ⑤ 黄土流(干的,由地震引起),极快,亦有潮湿或湿的 干流

表 B.1 (续)

(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
VI. 复合类:其移动由上述 5 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他种类型而多数滑坡属复合移动	例: 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	

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 C
(资料性附录)

滑坡稳定性野外评价指标

滑坡稳定性评价是地质勘查的主要内容之一。在地质测绘与调查中应宏观定性评价其稳定性,为统一判别尺度,特制定下列评价指标和条件,供野外参见。

C.1 评价方法

滑坡稳定性评价采用定性的地质分析法,即选择影响稳定性的主要地质环境因素,内外动力地质作用,结合宏观变形性状,建立稳定性地质判别指标,进行定性评价。

C.2 主要评价内容

- a) 主要地质环境因素。包括斜坡类型、坡面坡度、前缘临空状况、沟谷切割程度,岩土体性质、结构和结构面特征。
- b) 主要动力因素。包括地下水作用、地表水(河流、水库等)作用、暴雨强度及降雨过程、后缘加载、地震、人类工程活动及其强度等。
- c) 滑坡的宏观变形形迹,主要包括裂缝、位错、陷落、鼓起等,是其不稳定的直接标志,应充分重视。

C.3 评价标准

a) 稳定的(A)

定义:在设计工况(荷载组合,下同)和特殊工况条件(暴雨等)下均是稳定的。

定性判别标准:滑坡外貌特征后期改造很大,滑坡洼地基本难于辨认,滑体地面坡度平缓($\leq 10^\circ$),前缘临空低缓(一般 $< 5\text{ m}$,坡度 $< 15^\circ$),滑体内冲沟切割已至滑床;滑面起伏较大,且倾角平缓($\leq 10^\circ$),滑面饱和阻抗比 > 0.8 ;滑坡残体透水性良好,剪出口一带泉群分布且流量较大;滑距较远,能量已充分释放,残体处于稳定状态;滑坡周边没有新的堆积物加载来源,滑坡前缘已形成河流侵蚀的稳定坡型或有河流堆积。经分析和实地调查,找不出可导致整体复活的主要动力因素,人为动力因素很弱或不存在。

b) 基本稳定的(B)

定义:在设计工况条件下是稳定的,在特殊工况条件下其稳定性有所降低,有可能局部产生变形,但整体仍是稳定的。

定性判别指标:滑坡外貌特征后期改变较大,滑坡洼地能辨认但不明显或略有封闭,滑体地面平均坡度较缓($10^\circ \sim 20^\circ$),滑坡前缘临空比较低缓(高度 $15\text{ m} \sim 30\text{ m}$,坡度 $15^\circ \sim 20^\circ$),滑体内沟谷已切至滑床;滑面形态起伏,滑面平均倾角 $\leq 20^\circ$,滑面阻抗比 $0.6 \sim 0.8$;滑坡残体透水性良好;滑距较远,能量已充分释放;滑坡周围无新的堆积物加载来源,滑坡前缘已形成河流侵蚀的稳定坡型。经分析和实地调查,在特殊工况条件下其整体稳定性有所降低,但仅可能产生局部变形破坏。

c) 潜在不稳定的(C)

定义:在现状条件下是稳定的,但安全储备不高,略高于临界状态。在设计工况条件下其向不稳定方向发展,在特殊工况条件下有可能失稳。

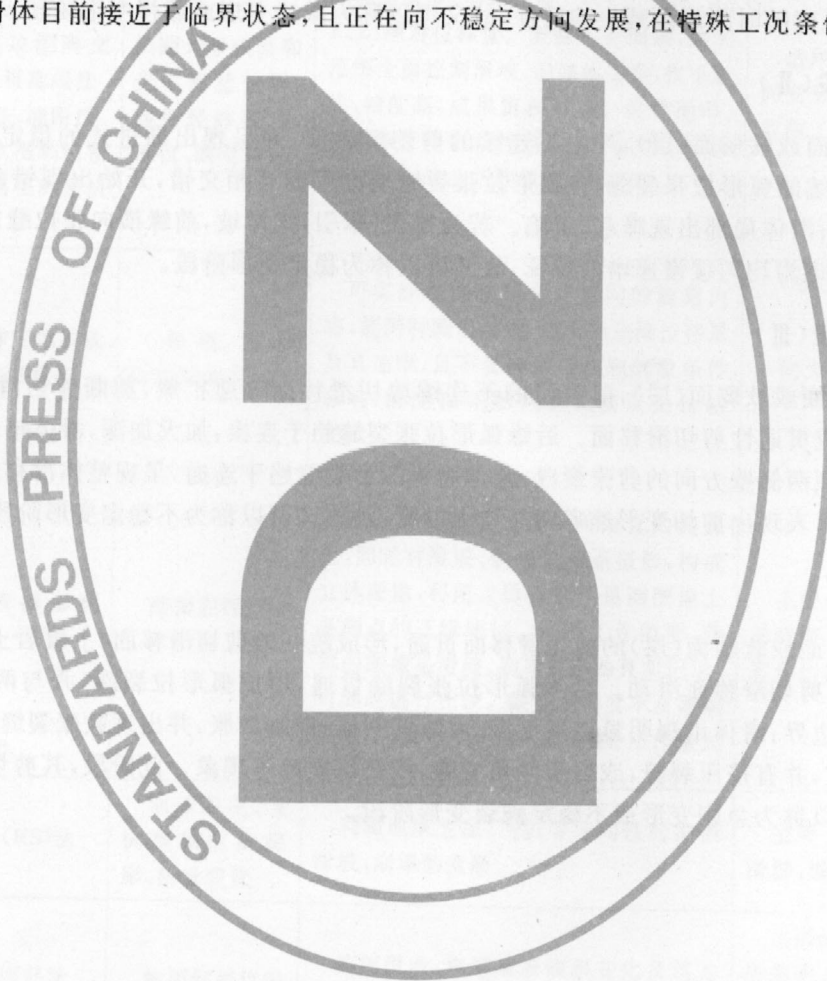
定性判别指标:滑坡外貌特征后期改造不大,后缘滑坡洼地封闭或半封闭;滑体平均坡度中等($20^\circ \sim 30^\circ$),滑坡前缘临空较陡(高度 $30\text{ m} \sim 50\text{ m}$,坡度 $20^\circ \sim 30^\circ$),滑体内沟谷切割中等;滑面形态为靠

椅状或平面状,滑面平均倾角 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$,滑面阻抗比 $0.4\sim 0.6$;滑坡残体透水性一般,滑距不太远,能量释放不充分;滑坡后缘有加载堆积或有一定数量的危岩体为加载来源,滑坡前缘受冲刷尚未形成稳定坡型,且有局部坍塌产生,整体尚无明显变形迹象。经实地调查和定性分析,在一般工况条件下是稳定的,但安全储备不高,在特殊工况条件下有可能整体失稳。

d) 不稳定的(D)

定义:在现状条件下即近于临界状态,且向不稳定方向发展。在设计工况条件下将部分失稳。

定性判别指标:滑坡外貌特征明显,滑坡洼地一般封闭明显;滑体坡面平均坡度较陡(大于 30°),滑坡前缘临空较陡(高度大于 50 m ,坡度大于 30°),滑体内沟谷切割较浅。滑面呈靠椅状或平面状,滑面平均倾角大于 30° ,滑面阻抗比小于 0.4 ;滑体结构松散,透水性差;滑距短,滑坡残体保留较多,剪出口以下脱离滑床的体积较少;滑坡有加载来源;滑坡前缘受冲刷,有坍塌产生;滑体上近期有明显变形破坏迹象。变形迹象为滑坡变形配套产物:后缘弧形裂缝或塌陷,两侧羽状开裂,前缘膨胀、鼓丘等。经实地调查和分析,滑体目前接近于临界状态,且正在向不稳定方向发展,在特殊工况条件下有可能大规模失稳。



附录 D

(资料性附录)

滑坡发育阶段划分

D.1 蠕变变形阶段(I)

沿着潜在剪切面或软弱面(层),物质逐渐产生顺剪切方向的定向排列和相应的密实,并在局部位置产生剪切滑移面。后缘产生断续的不规则的拉裂缝,但无明显的错落、下沉;两侧、中部和前缘无明显的变形形迹。若为拉张(牵引)式滑坡,前缘可能出现不明显的横向拉张裂缝。此阶段,其剪切变形速率不稳定,并具有剪切速度随时间逐渐减小的特征,故又可以称为减速变形或缓慢变形阶段。

D.2 等速变形阶段(II)

沿着潜在剪切面或软弱面(层),产生不连续的剪切滑移面,并呈现出渐进式的稳定扩展的剪切滑移。后缘产生不连续的弧形拉张裂缝,各弧形拉张裂缝端部可能互相交错,开始出现错落下沉;两侧出现间断的羽状裂缝;滑体局部出现隆起、沉陷。若为拉张(牵引)式滑坡,前缘横向张拉缝加强。此阶段,其剪切变形速率表现为均匀缓慢递增的特征,故又可以称为稳定变形阶段。

D.3 加速变形阶段(III)

沿着潜在剪切面或软弱面(层),前阶段的不连续剪切滑移面迅速扩展,剪断剪切滑移面间的岩土“锁固段”,逐渐形成贯通性剪切滑移面。后缘弧形拉张裂缝趋于连接,加大加深,滑体错落下沉;两侧羽状裂缝加强,出现顺两侧壁方向的剪张裂缝,并与后缘弧形裂缝趋于连通,呈现整体滑移边界;前缘出现轻微鼓胀。此阶段,表现出剪切变形速率明显增大的特征,故又可以称为不稳定变形阶段。

D.4 临滑阶段(IV)

沿着潜在剪切面或软弱面(层)的剪切滑移面贯通,形成统一的剪切滑移面,上覆岩土体沿着这一较低残余强度的统一剪切滑移面滑动。后缘弧形拉张裂缝贯通,形成弧形拉裂圈,并与两侧剪张裂缝连接,呈现整体滑移边界;滑体出现明显错落下沉,后缘壁明显;前缘鼓胀,并出现鼓胀裂缝或放射状裂缝;前端滑床挤压褶皱,并有挤压裂缝,或岩层倾角变陡,或挤压破碎等现象。此阶段,其剪切变形速率呈陡直线上升,故又可以称为急剧变形或不稳定破裂变形阶段。

附录 E
(资料性附录)

滑坡、崩塌变形监测主要内容和主要(常用)方法

表 E.1 滑坡、崩塌变形监测主要内容和主要(常用)方法表

监测内容	监测方法	常用监测仪器	监测特点	监测方法适用性
地表变形监测	(常规)大地测量法(两方向或三方向前方交会法、双边距离交会法,视准线法、小角法、测距法、几何水准和精密三角高程测量法等)	高精度测角、测距光学仪器和光电测量仪器,包括经纬仪、水准仪、测距仪等	监测滑坡、崩塌二维(X,Y)、三维(X、Y、Z)绝对位移量。量程不受限制,能大范围全面控制滑坡、崩塌的变形,技术成熟,精度高,成果资料可靠。但受地形、视通条件限制和气象条件(风、雨、雪、雾等)影响,外业工作量大,周期长	适用于所有滑坡、崩塌不同变形阶段的监测,是一切监测工作的基础
	全球定位系统(GPS)测量法	单频、双频GPS接收机等	可实现与大地测量法相同的监测内容,能同时测出滑坡、崩塌的三维位移量及其速率,且不受视通条件和气象条件影响,精度在不断提高。缺点是价格稍贵	同大地测量法
	近景摄影测量法	陆摄经纬仪等	将仪器安置在二个不同位置的测点上,同时对滑坡、崩塌监测点摄影,构成立体图像,利用立体坐标仪量测图像上各测点的三维坐标。外业工作简便,获得的图像是滑坡、崩塌变形的真实记录,可随时进行比较。缺点是精度不及常规测量法,设站受地形限制,内业工作量大	主要适用于变形速率较大的滑坡监测,特别适用于陡崖危岩体的变形监测
	遥感(RS)法	地球卫星、飞机和相应的摄影、测量装置	利用地球卫星、飞机等周期性的拍摄滑坡、崩塌的变形	适用于大范围、区域性的滑坡、崩塌的变形监测
滑坡、崩塌变形相对位移监测	地面倾斜法	地面倾斜仪等	监测滑坡、崩塌地表倾斜变化及其方向,精度高,易操作	主要适用于倾倒和角变化的滑坡、崩塌(特别是岩质滑坡)的变形监测。不适用于顺层滑坡的变形监测
	测缝法	简易监测法 钢尺、水泥砂浆片、玻璃片等	在滑坡、崩塌裂缝、崩滑面、软弱面两侧设标记或埋桩(混凝土桩、石桩等)、插筋(钢筋、木筋等),或在裂缝、崩滑面、软弱带上贴水泥砂浆片、玻璃片等,用钢尺定时量测其变化(张开、闭合、位错、下沉等)。简便易行,投入快,成本低,便于普及,直观性强,但精度稍差	适用于各种滑坡、崩塌的不同变形阶段的监测,特别适用于群测群防监测

表 E.1 (续)

监测内容		监测方法	常用监测仪器	监测特点	监测方法适用性
地表变形监测	滑坡、崩塌变形相对位移监测	机测法	双向或三向测缝计、收敛计、伸缩计等	监测对象和监测内容同简易监测法。成果资料直观可靠,精度高	同简易监测法。是滑坡、崩塌变形监测的主要和重要方法
		电测法	电感调频式位移计、多功能频率测试仪和位移自动巡回检测系统等	监测对象和监测内容同简易监测法。该法以传感器的电性特征或频率变化来表征裂缝、崩滑面、软弱带的变形情况,精度高,自动化,数据采集快,可远距离有线传输,并数据微机化。但对监测环境(气象等)有一定的选择性	同简易监测法。特别适用于加速变形、临近破坏的滑坡、崩塌的变形监测
地下变形监测	滑坡、崩塌变形相对位移监测	深部横向位移监测法(注)	钻孔倾斜仪	监测滑坡、崩塌内任一深度崩滑面、软弱面的倾斜变形,反求其横向(水平)位移,以及崩滑面、软弱带的位置、厚度、变形速率等。精度高,资料可靠,侧读方便,易保护。因量程有限,故当变形加剧、变形量过大时常无法监测	适用于所有滑坡、崩塌的变形监测,特别适用于变形缓慢、匀速变形阶段的监测。是滑坡、崩塌深部变形监测的主要和重要方法
		测斜法	地下倾斜仪、多点倒锤仪	在平洞内、竖井中监测不同深度崩滑面、软弱带的变形情况。精度高,效果好,但成本相对较高	适用于不同滑坡、崩塌,特别是岩质滑坡、崩塌的变形监测,但在其临近失稳时慎用
		测缝法(人工测、自动测、遥测)	基本同地表测缝法,还常用多点位移计、井壁位移计等	基本同地表测缝法。人工测在平洞、竖井中进行;自动测和遥测将仪器埋设于地下。精度高,效果好,缺点是仪器易受地下水、气等的影响和危害	基本同地表测缝法
		重锤法	重锤、极坐标盘、坐标仪、水平位错计等	在平洞、竖井中监测崩滑面、软弱带上部相对于下部岩体的水平位移。直观、可靠,精度高,但仪器易受地下水、气等的影响和危害	适用于不同滑坡、崩塌的变形监测,但在其临近失稳时慎用
		沉降法	下沉仪、收敛仪、静力水准仪、水管倾斜仪等	在平洞内监测崩滑面(带)上部相对于下部的垂向变形情况,以及软弱面、软弱带垂向收敛变化等。直观,可靠,精度高,但仪器易受地下水、气等的影响和危害	同重锤法
与滑坡、崩塌变形有关的物理量测量	声发射监测法	声发射仪、地音仪等	监测岩音频度(单位时间内声发射事件次数)、大事件(单位时间内振幅较大的声发射事件次数)、岩音能率(单位时间内声发射释放能量的相对累计值),用以判断岩质滑坡、崩塌变形情况和稳定情况。灵敏度高,操作简便,能实现有线自动巡回自动检测	适用于岩质滑坡、崩塌加速变形、临近崩滑阶段的监测。不适用于土质滑坡的监测	

注:深部横向位移监测:在测量深部变形的同时,测量孔口三维坐标,可换算出深部绝对位移量,与地表绝对位移监测综合分析,有利于评价滑坡、崩塌的变形情况。

表 E.1 (续)

监测内容	监测方法	常用监测仪器	监测特点	监测方法适用性
与滑坡、崩塌变形有关的物理量监测	应力、应变监测法	地应力计、压缩应力计、管式应变计、锚索(杆)测力计等	埋设于钻孔、平洞、竖井内,监测滑坡、崩塌内不同深度应力、应变情况,区分压力区、拉力区等。锚索(杆)测力计用于预应力锚固工程锚固力监测	适用于不同滑坡、崩塌的变形监测。 应力计也可埋设于地表,监测表部岩土体应力变化情况
	深部横向推力监测法	钢弦式传感器、分布式光纤压力传感器、频率仪等	利用钻孔在滑坡的不同深度埋设压力传感器,监测滑坡横向推力及其变化,了解滑坡的稳定性。调整传感器的埋设方向,还可用于垂向压力的监测。均可以自动测和遥测	适用于不同滑坡的变形监测,也可以为防治工程设计提供滑坡推力数据
滑坡、崩塌形成和变形相关因素监测	地下水动态监测法	测盅、水位自动记录仪、孔隙水压力计、钻孔渗压计、测流仪、水温计、测流堰	监测滑坡、崩塌内及周边泉、井、钻孔、平洞、竖井等地下水水位、水量、水温和地下水孔隙水压力等动态,掌握地下水变化规律,分析地下水、地表水、大气降水的关系,进行其与滑坡、崩塌变形的相关分析	地下水监测不具普遍性。当滑坡、崩塌形成和变形破坏与地下水具有相关性,且在雨季或地表水位抬升时滑坡、崩塌内具有地下水活动时,应予以监测
	地表水动态监测法	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	监测与滑坡、崩塌相关的江、河或水库等地表水体的水位、流速、流量等,分析其与地下水、大气降水的联系,分析地表水冲蚀与滑坡、崩塌变形的关系等	主要在地表水、地下水有水力联系,且对滑坡、崩塌的形成、变形有相关关系时进行
	水质动态监测	取水样设备和相关设备	监测滑坡、崩塌内及周边地下水、地表水化学成分变化情况,分析其与滑坡、崩塌变形的关系。分析内容一般为:总固形物,总硬度,暂时硬度, pH 值,侵蚀性 CO_2 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, HCO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- ,耗氧量等,并根据地质环境条件增减监测内容	根据需要确定
滑坡、崩塌形成和变形相关因素监测	气象监测	温度计、雨量计、风速仪等气象监测常规仪器	监测降水量、气温等,必要时监测风速,分析其与滑坡、崩塌形成、变形的关系	降雨是滑坡、崩塌形成和变形的主要环境因素,故在一般情况下均应进行以降雨为主的气象监测(或收集资料),进行地下水监测的滑坡、崩塌则必须进行气象监测(或收集资料)
	地震监测	地震仪等	监测滑坡、崩塌内及外围地震强度、发震时间、震中位置、震源深度、地震烈度等,评价地震作用对滑坡、崩塌形成、变形和稳定性的影响	地震对滑坡、崩塌的形成、变形和稳定性起重要作用,但基于我国设有专门地震台网,故应以收集资料为主
	人类工程活动监测		监测开挖、削坡、加载、洞掘、水利设施运营等对滑坡、崩塌形成、变形的影响	一般都应进行

表 E.1 (续)

监测内容	监测方法	常用监测仪器	监测特点	监测方法适用性
滑坡、崩塌 宏观变形地质监测		常规地质调查 设备	定时、定路线、定点调查滑坡、崩塌出现的宏观变形情况(裂缝的发生和发展,地面隆起、沉降、坍塌、膨胀,建筑物变形、开裂等),以及与变形有关的异常现象(地声,地下水或地表水异常,动物异常等),并详细记录。必要时加密调查。有平洞等地下工程时,还应进行地下宏观变形调查。该法直观性和适应性强,可信度高,具有准确的预报功能	适用于一切滑坡、崩塌变形的监测,尤其是加速变形、临近破坏阶段的监测,是滑坡、崩塌变形监测的主要、重要监测方法

附录 F
(规范性附录)
滑坡综合信息预报系统

表 F.1 滑坡综合信息预报系统

位移-时间 曲线示意图						预报适宜性
预报方法		I 蠕变变形	II 等速变形	III 加速变形	IV 临滑	
1	变形速率判据	减速变形, 切线角 α 由大变小, 甚至曲线下弯	等速变形 α 角近恒定, 曲线向上呈微斜直线	变形加速, α 角由恒定变陡, 曲线上弯	变形急剧, α 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 (α) 和矢量角判据	位移矢量角 α 渐小至 0	位移矢量角 α 等值增大	位移矢量角 α 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, 多元非线性相关分析法等					
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				$t_r - t_1 = \frac{\frac{1}{2}(t_2 - t_1)^2}{(t_2 - t_1) - \frac{1}{2}(t_3 - t_1)}$	
5	稳定系数 (K) 判据	← 1.05 ≥ K ≥ 1.0		← 1.0 > K ≥ 0.96		临滑预报, 长、中、短期趋势预报
	极限分析法				K < 0.96	
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	$\alpha < \omega, \alpha > \phi$; 滑移 $\alpha > \omega, \alpha < \phi$; 倾倒 $\alpha > \omega, \alpha > \phi$; 滑移、倾倒				临滑预报

表 F.1 (续)

位移-时间 曲线示意图						预报适宜性
		变形破坏阶段	I 蠕变变形	II 等速变形	III 加速变形	
8	变形形迹判据	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, 前端滑床岩层 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, 超常降雨 和地震	
	宏观调查法					
险情预警预报要则			预警阶段	一级预报	临滑预报	
			位移以月变量 为依据, 至少 每周监测一次	位移以日变量为依 据, 至少每日监测 一次	跟踪监测曲线进行	
<p>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; a_2、a_3 为回归系数。</p> <p>注 2: 预报方法和预报判据 4 中: t 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——位移曲上的时间。</p> <p>注 3: 预报方法和预报判据 7 中: α 为岩层(或软弱层)倾角; ω 为变形岩体倾倒临界角; φ 为变形岩体内软弱面内摩擦角。</p>						

附录 G
(资料性附录)
泥石流活动预测方法

G.1 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及权重,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,作为预防的参见依据。

G.2 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的次数,作为预防的参见依据。

G.3 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 $>18\text{kN/m}^2/\text{m}^3$ 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 $<18\text{kN/m}^2/\text{m}^3$ 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。一般固体物质的机械组成,在粒径 $>2\text{mm}$ 的含量 55%~70%、粒径 2mm~0.05mm 的含量 15%~25%、粒径 0.05 mm~0.005mm 的含量 5~10%、粒径 $<0.005\text{mm}$ 的含量 5~10%的范围内,泥石流活动的流体性质为粘性。

G.4 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。

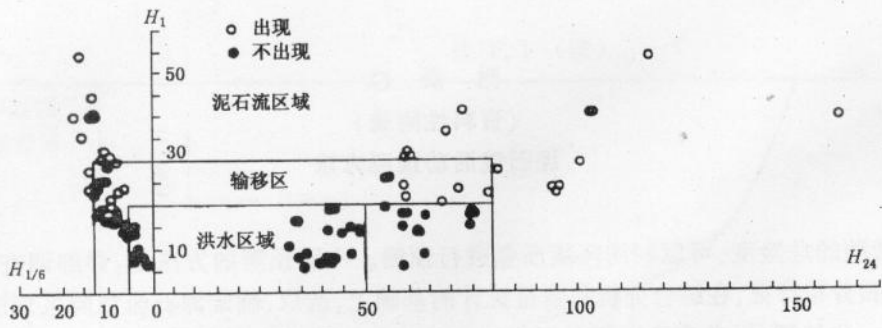
激发雨量用临界雨量表达。根据平均降雨量并分析归纳为某一量级的雨量和雨强,即临界雨量。常用的方法有:

- 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,确定最终临近雨量。

上述方法,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。

- c) 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(10min 雨量 $H_{1/6}$ 、1h 雨量 H_1 、日雨量 H_{24})绘制直角坐标关系图(图 G.1),根据三类点群的分布情况,确定泥石流发生的临界雨量值。

图 G.1 降雨参数 H_{24} 、 H_1 、 $H_{1/6}$ 组合关系

附录 H
(规范性附录)
泥石流活动预报方法

H.1 泥石流活动预报,包括泥石流活动时间(中长期,短期,临灾)、空间(区域,单沟)、流量(规模)三大要素,要特别重视临灾预报。

H.2 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_{24} — H_1 — $H_{1.6}$ 之间的关系,确定泥石流活动临界降雨量。

降雨强度指标(R):

$$R = K \left(\frac{H_{24}}{H_{24(D)}} + \frac{H_1}{H_{1(D)}} + \frac{H_{1.6}}{H_{1.6(D)}} \right) \dots\dots\dots (H.1)$$

式中:

K ——前期降雨量修正系数,无前期降雨时: $K=1$;有前期降雨时: $K>1$;但目前尚无可信的成果可供应用;现阶段可暂时假定: $K=1.1\sim 1.2$;

H_{24} ——24小时最大降雨量(mm)

$H_{24(D)}$ ——该地区可能发生泥石流的24小时临界雨量(mm)

H_1 ——1小时最大降雨量(mm)

$H_{1(D)}$ ——该地区可能发生泥石流的1小时临界雨量(mm)

$H_{1.6}$ ——10分钟最大降雨量(mm)

$H_{1.6(D)}$ ——该地区可能发生泥石流的10分钟临界雨量(mm)

$H_{24(D)}$ 、 $H_{1(D)}$ 、 $H_{1.6(D)}$ 雨量临界值按全国各地年平均降雨量的四级分区 (>1200mm, 1200mm~800mm, 800mm~400mm, <400mm = 分区点绘 H_{24} · H_1 和 $H_{1.6}$ 关系图(见附录 G 图)得到泥石流发生的临界值(见表 H.1)

表 H.1 可能发生泥石流的 $H_{24(D)}$ 、 $H_{1(D)}$ 、 $H_{1.6(D)}$ 的临界值表

年均降雨分区/ mm	$H_{24(D)}$ / mm	$H_{1(D)}$ / mm	$H_{1.6(D)}$ / mm	代 表 地 区
>1 200	100	40	12	浙江、福建、台湾、广东、广西、江西、湖南、湖北、安徽、京郊、辽东、云南西部、西藏东南部等省山区
1 200~800	60	20	10	四川、贵州、云南东部和中部、陕西南部、山西东部、内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁西部、河北北部、西部等省山区
800~500	30	15	6	陕西北部、甘肃、内蒙古、宁夏、山西、西藏、四川西北部、新疆部分等省山区
<500	25	15	5	青海、新疆、西藏及甘肃、宁夏两省区的黄河以西地区

根据统计和综合分析,得出泥石流发生机率的暴雨强度指标。在具体应用时,根据气象预报(最好是实际监测)的 H_{24} 、 H_1 、 $H_{1.6}$ 降雨量,用上式、上表计算出相应的 R 值,及时向保护区发出不同的警报。

泥石流不同的发生机率与警报等级的对应关系为:

当 $R < 3.1$,安全雨情;

$R \geq 3.1$,可能发生泥石流的雨情,注意报(应引起注意的警报);

$R = 3.1 \sim 4.2$,发生机率 < 0.2,发生报(发生泥石流的警报);

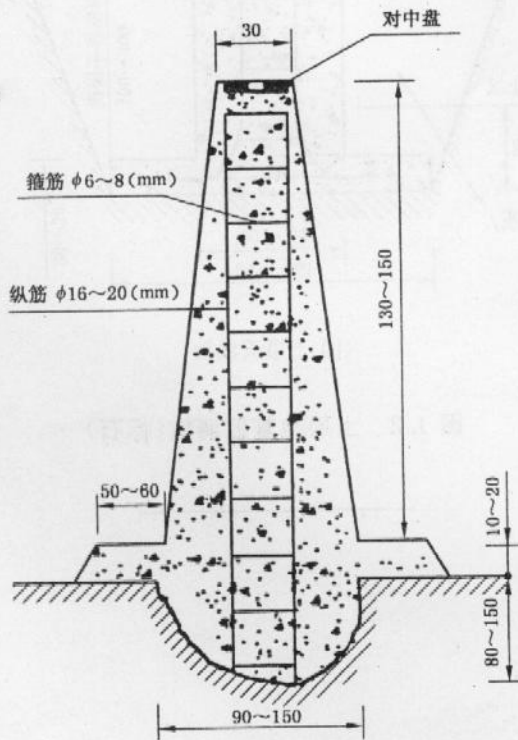
$R = 4.2 \sim 10$,发生机率 0.2~0.8,警戒报(可能成灾的警报);

$R > 10$, 发生机率 > 0.8 , 灾情报(可能引起下游或邻近地区次生灾害的警报)。

H.3 根据泥石流活动临界降雨量和受灾降雨量, 绘制泥石流活动预报图, 包括最高泥位线和泥石流泛滥线等, 与上述警报同时发出。

附录 I
(资料性附录)
监测墩(标石)类型结构图

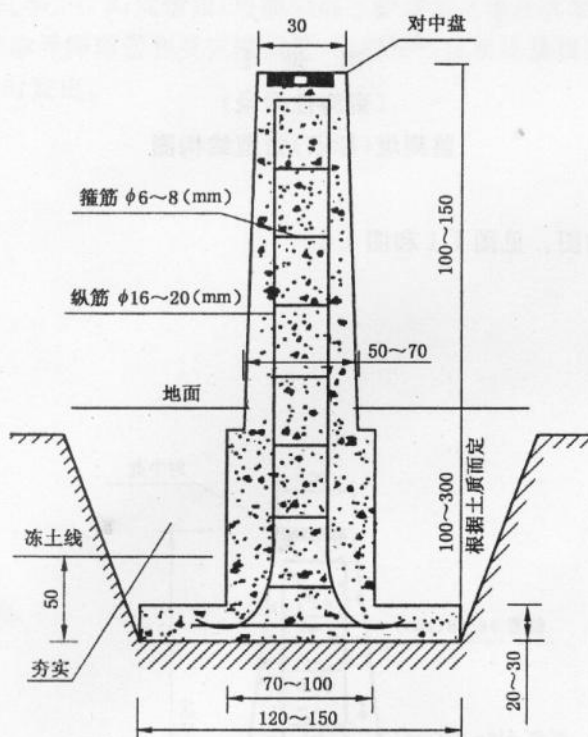
监测墩(标石)类型结构图。见图 I.1 和图 I.2。



(a) 岩层天线墩

注：未标单位数据单位为厘米。

图 I.1 岩层地基监测墩(标石)



(b) 土层天线数

注：未标单位数据单位为厘米。

图 1.2 土层地基监测墩(标石)