

# 泥石流警报技术探索

钟敦伦<sup>1</sup>, 张金山<sup>1,2</sup>, 谢洪<sup>1,2</sup>, 崔鹏<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;  
2. 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室, 四川 成都 610041)

**摘 要:** 泥石流警报是减轻泥石流灾害, 尤其是减少人员伤亡和贵重财物损失的重要手段。泥石流警报划分为 4 个类型: 提示性警报、形成性警报、非成灾性警报和成灾性警报。泥石流警报的监测机构, 划分为 4 个级别: 泥石流预警一级监测站、二级监测站、三级监测站和预警简易监测点。泥石流预警一级监测站主要承担泥石流可能造成的特大灾和超特大灾的警报监测任务, 二级监测站主要承担泥石流可能造成的中灾的警报监测任务, 三级监测站主要承担泥石流可能造成的中灾的警报监测任务, 泥石流预警简易监测点主要承担泥石流可能造成的小灾的警报监测任务。泥石流警报的监测项目: 专业监测包括降水、气象其他要素、泥石流次声、地声、泥位、流速、重度、粘度、沟道冲淤变化和次生灾害等, 简易监测包括泥石流暴发的前兆现象、降水、水(泥)位与泥沙变化状态和泥石流次声等。泥石流警报的监测数据包括降水、气象其他要素、泥位、流速、重度、粘度、次声、地声、沟道冲淤变化和次生灾害数据等。泥石流成灾性警报分为 4 等 14 级, 讨论并给出了各等级成灾性警报的临界指标。监测数据的整理分析包括: 降水监测的实时降水量要不断地整理为 10 min、1 h 和 1 d 的滑动降水量(强度), 并不断地与当地以往暴发泥石流的 10 min、1 h 和 1 d 降水量(强度)相比较; 断面监测数据中的泥石流泥位应转化为泥石流流动的断面面积, 并与断面监测数据中的泥石流流速数据结合, 通过公式  $Q_c = W_c \times V_c$  转换为泥石流流量。泥石流一旦堵断主河(沟)形成堰塞湖, 应立即测量壅塞体的高度, 并据此量测和计算堰塞湖的淹没范围及堰塞湖的积蓄水量, 评估壅塞体溃决时可能形成的最大流量及其危害范围。泥石流警报的时间提前量  $t$  (单位: s), 由公式  $t = L/V_c$  确定。

**关键词:** 泥石流警报; 技术; 提示性警报; 形成性警报; 非成灾性警报; 成灾性警报; 泥石流监测  
**中图分类号:** P642. 23      **文献标识码:** A

泥石流警报是泥石流预警(含预报和警报, 下同)的重要内容之一, 是政府或政府授权单位在获得泥石流预警监测机构提供的泥石流即将暴发或已经暴发及其等级等信息后, 向危险区居民发出的泥石流即将暴发或即将到达及可能造成某等级危害的紧急公告。

泥石流警报是减轻泥石流灾害, 尤其是减少人员伤亡和贵重财物损失的重要手段, 因此得到泥石流科技工作者和泥石流多发区广大干部和群众的高度重视。

## 1 泥石流警报的类型

泥石流警报, 根据其自身的属性和特征, 可划分为如下 4 个类型。

### 1.1 提示性警报

提示性警报是泥石流预警监测机构在获得泥石流临灾预报信息或通过简易监测, 获得泥石流即将形成的信息后, 由政府或其授权单位向危险区居民发布的泥石流即将发生的紧急公告。

收稿日期(Received date): 2010-09-01; 改回日期(Accepted): 2010-09-28。

基金项目(Foundation item): 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室开放基金项目泥石流预警预报技术规程编制关键技术研究资助。  
[Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Process, Chinese Academy of Sciences Opening Funding Project and Key Technologies Research for Technical Specification of Debris Flow Alarm.]

作者简介(Biography): 钟敦伦(1937-), 男, 四川宜宾人, 研究员, 主要从事泥石流及其防治研究。[Zhong Dunlun (1937-), male, born in Yibin of Sichuan, professor, majoring on debris flow research.]

## 1.2 形成性警报

形成性警报是泥石流预警监测机构通过巡视或降水监测或次声、地声监测等,获得泥石流已经形成的信息后,由政府或其授权单位向危险区居民发布的泥石流已经形成的紧急公告。

## 1.3 非成灾性警报

非成灾性警报是泥石流预警监测机构通过巡视或断面监测,获得泥石流虽已进入监测区,但监测到其规模尚不足以形成灾害的信息后,由政府或其授权单位向危险区居民发出的当前泥石流尚不足以形成灾害的公告。

## 1.4 成灾性警报

成灾性警报是泥石流预警监测机构通过巡视或断面监测,获得泥石流已进入监测区,并监测到其规模已足以形成灾害的信息后,由政府或其授权单位向危险区居民发布的泥石流足以形成灾害及其等级的紧急公告。

## 2 泥石流预警监测机构的类型和等级及其分工

泥石流预警监测机构是指设置在泥石流多发区对泥石流各形成因素和前兆现象进行监测,通过监测资料的单项分析和综合分析,做出泥石流的预报或警报,供政府或政府授权单位决策并发布泥石流预报或警报的机构。

### 2.1 泥石流预警监测机构的类型

泥石流预警监测机构,根据其监测手段可分为简易监测和专业监测2个类型。

#### 1. 专业监测机构

泥石流预警专业监测机构是指设置在具有造成中等及以上各等级灾害能力的泥石流沟谷内、采用现代仪器设备对泥石流进行监测,并在此基础上,做出泥石流预报或警报的泥石流预警监测机构。

#### 2. 简易监测机构

泥石流预警简易监测机构是指设置在泥石流多发区村(居)民组的执行点面结合、采用巡视和简易监测仪器对泥石流进行监测,并在此基础上,做出泥石流预报或警报的泥石流预警监测机构。

### 2.2 泥石流预警监测机构的等级

泥石流预警监测机构,根据监测对象的重要性、自身的监测手段和规模等可分为四级,其中专业监测分为三级(即Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级),简易监测为一级(Ⅳ

级)(表1)。

## 2.3 泥石流预警监测机构的分工

不同级别的泥石流预警监测机构有不同的监测对象,即有不同的分工(见表1)。

表1 各等级泥石流预警监测机构的任务分工

Table 1 the tasks of each level of debris flow monitoring

监测机构等级	属性	承担的警(预)报任务	备注
Ⅰ		泥石流可能造成特大灾或超特大灾	这类沟谷数量少
Ⅱ	专业监测	泥石流可能造成大灾	这类沟谷数量较多
Ⅲ		泥石流可能造成中灾	这类沟谷数量多
Ⅳ	简易监测	泥石流可能造成小灾	这类沟谷数量巨大

注:泥石流监测机构的等级仅决定于监测站(点)的规模、仪器设备和分工,互不隶属。

## 3 泥石流警报的监测项目和数据

泥石流警报涉及众多自然因素与社会经济因素,因此需要监测的项目和数据众多。

### 3.1 监测项目

泥石流预警监测机构的类型不同,其警报需要监测的项目也不同。

#### 1. 预警专业监测站的监测项目

泥石流预警专业监测站是指设立在泥石流沟谷、采用专业仪器设备对泥石流进行定位监测的专业机构,应根据监测流域的泥石流规模和成灾等级的不同,分别设立不同级别的站(见表1)。

##### 1) Ⅰ级站和Ⅱ级站的监测项目

包括降水、气象其他要素,泥石流次声、地声、泥位、流速、性质、沟道冲淤变化和次生灾害等。

##### 2) Ⅲ级站的监测项目

包括降水、泥石流次声、泥位、流速和泥石流性质等。

#### 2. 预警简易监测点的监测项目

简易监测点是指以村(居)民组为单元,实行点、面结合对泥石流进行预警的监测机构,其的监测项目,包括泥石流暴发的前兆现象、降水、水(泥)位与泥沙变化状态和泥石流次声等。

### 3.2 监测数据与精度要求

泥石流预警监测机构的等级不同,需要监测的数据和精度要求也不同。

#### 1. 专业监测站的监测数据与精度

专业监测站(Ⅰ级站、Ⅱ级站、Ⅲ级站),采用现

代仪器和设备实施定位监测,其中降水和其他气象要素的监测数据及其精度应满足气象观测规范的要求,泥石流次声、地声的监测数据及其精度应满足泥石流次声、地声警报器规定的频率和振幅的要求,泥石流泥位和流速的监测数据及其精度应满足水文观测规范的要求,泥石流重度和粘度的监测数据及其精度应满足水利部土工实验规范的要求,泥石流次生灾害的监测数据及其精度应满足水文观测规范的要求。

#### 2. 简易监测点的监测数据与精度

简易监测点的监测元素中,泥石流暴发的前兆为定性的自然现象,泥沙变化过程虽可做定量监测,但受人员和仪器的限制,只能做简易监测,监测精度主要取决于监测人员的经验;降水监测数据及其精度、水(泥)位的监测数据及其精度、泥石流次声的监测数据及其精度应满足前节提出的要求。

### 4 泥石流警报的临界指标和阈值

这里讨论的泥石流警报的临界指标和阈值是指沟谷泥石流警报的临界指标和阈值。因为坡面泥石流往往发育在沟床比降与山坡坡度接近、流域界线尚未完全形成的山坡凹地,泥石流通常由崩塌、滑坡转化而成,带有速度极快、规模(峰值流量)很大等崩塌、滑坡的特征,因此建议对坡面泥石流的警报,应按滑坡(崩塌)警报处理。下面就沟谷泥石流警报的临界指标和阈值做一讨论。

#### 4.1 临界指标

泥石流警报的临界指标应包括泥石流提示性警报、形成性警报、非成灾性警报和成灾性警报的临界指标。

##### 1. 提示性警报的临界指标

泥石流提示性警报的临界指标可分为3类。

##### 1) 临灾预报指标

其应作为泥石流提示性警报的临界指标(即从预报角度出发发布泥石流临灾预报时,从警报角度出发应发布泥石流提示性警报)。

##### 2) 泥石流暴发的前兆与泥石流次声警报器的信号

监测流域出现两种及以上泥石流暴发的前兆现象,但未捕捉到泥石流次声信息,这两种信息的结合应作为泥石流提示性警报的临界指标。

##### 3) 达到当地泥石流暴发的临界降水量或强度的90%

##### 2. 形成性警报的临界指标

相对稳定持续(30 s)的泥石流次声和地声信息,应作为泥石流形成性警报的临界指标。

##### 3. 非成灾性警报的临界指标

泥石流峰值流量持续(2 min)  $< 5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,应作为泥石流非成灾性警报的临界指标。

##### 4. 成灾性警报的临界指标

根据泥石流的规模和承灾体的经济价值与居住人口的数量,可将成灾性警报分为4等14级,各等级泥石流成灾警报阈值的低值,即为临界指标值(表2)。

#### 4.2 阈值

##### 1. 非成灾性警报的阈值

泥石流非成灾性警报的阈值:当成灾与否主要决定于泥石流规模时,其阈值为泥石流的峰值流量  $< 5 \text{ m}^3/\text{s}$ ;当成灾与否主要决定于承灾体的经济价值与居住人口的数量时,其阈值为承灾体的经济价值  $< 0.5 \times 10^4$  元或无固定居住人口。

##### 2. 成灾性警报的阈值

各等级泥石流成灾性警报的阈值见表2。

### 5 监测仪器和监测方案及监测数据整理分析

不同等级的泥石流预警监测机构,由于监测任务不同,所使用的仪器设备、监测方案也不相同,但对监测数据整理分析的要求是一致的。

#### 5.1 监测仪器

不同级别的泥石流预警监测机构,配备不同的监测仪器和设备<sup>[1-3]</sup>(表3)。

#### 5.2 监测方案

不同级别的泥石流预警监测机构,其监测对象(泥石流和承灾体)的等级和监测仪器设备及监测人员构成不同,各自的监测方案也不相同<sup>[4]</sup>(表4)。

#### 5.3 监测数据的整理分析

监测数据为原始数据,必须通过计算机或人工的整理分析,才能成为泥石流警报所需要的数据。

##### 1. 降水监测数据的整理分析

降水的计量单位为 mm,精确到小数后1位。降水监测的仪器不同,其整理分析的方法也不相同。

##### 1) 遥测雨量计和自动气象站实时降水数据的整理分析

遥测雨量计和自动气象站的降水数据,以1 mm

为单位实时向监测中心传输,因此在一场降水过程中,计算机或监测人员能不断地求得该监测仪器的10 min、1 h和1 d的滑动降水量(强度),并能不断地和存储在计算中或黏贴在墙壁上的当地暴发泥石流的10 min、1 h和1 d降水量(强度)相比较,当监测到第一个10 min或1 h或1 d降水量(强度)达到当地暴发泥石流的10 min、1 h和1 d滑动降水量(强度)的90%时,应立即发出警告,提示预警人员

迅速做好数据的审查、核实工作。

2)雨量筒监测降水由人工控制,在一场降水过程中,监测人员应10 min测量一次降水量(强度),并据此计算1 h和1 d降水量(强度),当观测第一个10 min或1 h或1 d降水量(强度)达到当地暴发泥石流的10 min、1 h和1 d降水量(强度)的90%时,应利用自记雨量计的监测数据进行订正,确认无误时,立即上报。

表2 各等级泥石流成灾性警报临界值和阈值一览表  
Table 2 The critical indices & threshold of the debris flow hazard levels

成灾等级	泥石流规模阈值		承灾体可能成灾阈值		承灾体成灾等级
	流量(Q) /m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	固体径流总量(V) /10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	经济价值(J) /10 <sup>4</sup> 元	撤离的人口(R) /人	
I	5.0 ≤ Q < 50.0	0.1 ≤ V < 1.0	0.5 ≤ J < 30.0	1 ≤ R < 30	小灾
			30.0 ≤ J < 100.0	30 ≤ R < 100	中灾
			0.5 ≤ J < 30.0	1 ≤ R < 30	小灾
II	50.0 ≤ Q < 200.0	1.0 ≤ V < 10.0	30.0 ≤ J < 100.0	30 ≤ R < 100	中灾
			100.0 ≤ J < 1000.0	100 ≤ R < 1000	大灾
			0.5 ≤ J < 30.0	1 ≤ R < 30	小灾
III	200.0 ≤ Q < 500.0	10.0 ≤ V < 50.0	30.0 ≤ J < 100.0	30 ≤ R < 100	中灾
			100.0 ≤ J < 1000.0	100 ≤ R < 1000	大灾
			1000.0 ≤ J < 10000.0	1000 ≤ R < 10000	特大灾
			0.5 ≤ J < 30.0	1 ≤ R < 30	小灾
			30.0 ≤ J < 100.0	30 ≤ R < 100	中灾
IV	Q > 500.0	V > 50.0	100.0 ≤ J < 1000.0	100 ≤ R < 1000	大灾
			1000.0 ≤ J < 10000.0	1000 ≤ R < 10000	特大灾
			> 10000.0	> 10000	超特大灾
			0.5 ≤ J < 30.0	1 ≤ R < 30	小灾
			30.0 ≤ J < 100.0	30 ≤ R < 100	中灾

注:1. 等:代表泥石流的规模,分为4等;2. 级:代表承灾体的经济价值和居住人口的数量,分为14级(其中1等分2级,2等分3级,3等分4级,4等分5级)。

表3 各级别泥石流预警监测站(点)的仪器设备配置一览表  
Table 5 Instrument and equipment of each level of debris flow monitoring and alarm

监测机构			警报监测仪器名称
属性	级别	名称	
专业监测	I	一级站	遥测雨量计、自动气象站,泥石流次声报警器、地声报警器,超声波泥位报警器、极光泥位报警器,雷达测速仪、极光测速仪、测速浮标,泥石流体取样器、电子秤,经纬仪、全站仪,监测中心等。
	II	二级站	遥测雨量计,泥石流次声报警器、地声报警器,超声波泥位报警器或极光泥位报警器,雷达测速仪或极光测速仪、测速浮标,泥石流体取样器、电子秤,经纬仪,监测中心等。
	III	三级站	遥测雨量计,泥石流次声报警器,超声波泥位报警器,雷达测速仪、测速浮标,泥石流体取样器、电子秤,经纬仪,监测中心等。
简易监测	IV	监测点	雨量筒,自记雨量计,泥石流次声报警器,水(泥位)尺,泥石流体取样桶和秤等。

表 4 各级别泥石流预警监测站(点)的警报监测方案  
Table 4 The scheme of each level of debris flow monitoring and alarm

监测机构			警报监测方案
属性	级别	名称	
专业监测	I	一级站	1. 由遥测雨量计和自动气象站组成监测系统,监测流域内的降水量和降水强度,以及其他气象要素;2. 由泥石流次声警报器和地声警报器组成声控系统,监测泥石流的形成;3. 由超声波泥位警报器和极光泥位警报器与雷达测速仪和极光测速仪组成至少三个监测断面(断面位置的沟底最好固化),监测泥石流的泥位和流速(可利用监测断面,采用浮标法监测泥石流的表面流速);4. 由泥石流体取样器和电子秤组成监测系统,监测泥石流的重量;5. 采用粘度计监测泥石流的粘度;6. 由经纬仪和全站仪组成的监测系统,监测泥石流沟道的冲淤变化和泥石流的次生灾害;7. 监测中心在综合分析监测数据和泥石流警报的指标和域值后,做出泥石流警报的类型和成灾性警报等级的分析结论,经监测站预警人员审查、确认后,向政府或政府授权部门和泥石流预警主管管理站和所在县(市、区)人民政府报告。
	II	二级站	1. 采用遥测雨量计,监测流域内的降水量和降水强度;2. 由泥石流次声警报器和地声警报器组成声控系统,监测泥石流的形成;3. 由超声波泥位警报器或极光泥位警报器与雷达测速仪或极光成测速仪组成至少 2 个监测断面,(断面位置的沟底最好固化),监测泥石流的泥位和流速(可利用监测断面,采用浮标法监测泥石流的表面流速);4. 采用泥石流体取样器和电子秤,监测泥石流的重量;5. 采用粘度计监测泥石流的粘度;6. 采用经纬仪,监测泥石流沟道的冲淤变化;7. 该款与专业监测一级站 7. 款一致。
	III	三级站	1. 采用遥测雨量计,监测流域内的降水量和降水强度;2. 采用泥石流次声警报器,监测泥石流的形成;3. 由超声波泥位警报器和雷达测速仪组成 1~2 个监测断面,监测泥石流的泥位和流速(若设 2 个监测断面,也可采用浮标法监测泥石流的表面流速);4. 采用泥石流体取样器和电子秤,监测泥石流的重量;5. 采用经纬仪,监测泥石流沟道的冲淤变化;6. 该款与专业监测一级站 7. 款一致。
简易监测	IV	监测点	1. 在监测区域(村(居)民组管辖范围),通过监测人员巡视和村(居)民报案,充分掌握区内泥石流暴发的前兆现象。2. 在设点监测的沟谷,采用雨量筒和自记雨量计,监测降水量和降水强度;采用水(泥位)尺与取样桶和秤,监测流域内的水(泥石流)量和泥沙含量的变化状态。3. 监测人员在充分分析监测结果后,提出泥石流警报的类型和成灾性警报的等级(限于小灾,若发现超过小灾的灾害,应立即请求专业监测站会诊),并同时向县(市、区)、乡政府和村(居)委会报告。

## 2. 泥石流次声和地声监测资料的整理分析

安置的次声警报器和地声警报器,监测到的声音的频率和振幅满足泥石流次声和地声的标准频率和振幅,并持续稳定地超过 30 s 时,应立即发出警告,提示预警人员迅速做好数据的审查、核实工作。

### 3. 断面监测数据的整理分析

断面监测数据,是指设置在监测沟道顺直段的 1~2 个或 2~3 个横断面上的监测仪器所监测到的数据。这些数据包括泥位和流速。泥位和流速应通过整理分析,转化为泥石流流量。

#### 1) 泥石流泥位转化为泥石流流动的断面面积

利用设置在监测断面的超声波泥位警报器和(或)极光泥位警报器,能监测到泥石流泥位所达到的高程。这时存在两步工作要做:第一步做出泥位与泥深的关系曲线,使每一个泥位对应一个泥深;第二步做出泥位(实际为泥深)与泥石流流动断面面积的关系曲线,使每一个泥位对应一个泥石流流动断面的面积,并输入计算机备用。

#### 2) 泥石流流动断面面积和流速转化为泥石流

## 流量(规模)

通过泥位与泥石流流动断面面积的关系曲线,获得泥石流流动断面后,便可与同步测得的泥石流流速一道,转化为泥石流流量。泥石流流动断面面积和流速转化为流量有两种情况:

①当使用雷达测速仪和(或)激光测速仪测流速时,可用式(1)将其转化为流量

$$Q_c = W_c \times V_c \quad (1)$$

式中  $Q_c$  为泥石流流量( $m^3/s$ ),  $W_c$  为泥石流流动断面面积( $m^2$ ),  $V_c$  为泥石流流速( $m/s$ )。

②利用上、下 2 个监测断面,使用阵性泥石流的龙头或浮标测流速时,可用式(2)将其转化为流量

$$Q_c = W_c \times L / (t_2 - t_1) \quad (2)$$

式中  $L$  为上、下监测断面间的距离,  $t_2$  为龙头到达下断面的时间,  $t_1$  为龙头到达上断面的时间,其余符号同前。

#### 4. 泥石流体监测数据的整理分析

主要有泥石流取样样本的重量和粘度等数据。

泥石流样品监测数据的整理分析包括:

1) 泥石流体的重量和体积,可通过式(3),转化为表征泥石流属性的重度

$$\gamma_c = G \times k \quad (3)$$

式中  $\gamma_c$  为泥石流重度(kN/m<sup>3</sup>),  $G$  为泥石流体样本单位体积重量( $G = G_{总}/V_{总}$ , t/m<sup>3</sup>),  $k$  为系数( $k = 9.80665$  kN/tf)。

2) 泥石流体的粘度( $\eta$ , Pa·S), 可用粘度计通过泥石流样本直接测量。

在获得同步监测的泥石流重度  $\gamma_c$  和粘度  $\eta$  后, 要不断地与按泥石流流体性质分类的标准进行比较, 以确定当前泥石流的性质。

### 5. 泥石流次生灾害监测数据的整理分析

泥石流次生灾害主要指泥石流体堵塞主河(沟), 给主河(沟)上游造成的淹没、冲刷和给下游造成的冲刷等灾害。因此泥石流一旦堵断主河形成堰塞湖, 就要立即测量堰塞体的高度, 并据此测量堰塞湖的淹没范围; 同时计算出堰塞湖的积蓄水量, 并评估出溃坝时可能形成的最大流量及其危害, 并将评估结果立即上报。

降水以外的其他气象要素可在资料年度汇编时进行整理分析; 泥石流沟道冲淤变化的监测数据, 可在每场泥石流活动之后进行整理分析, 因为这两项监测都是为泥石流防治服务的。

### 6. 泥石流警报时间提前量的确定

从发布(或接收到)泥石流警报起, 到泥石流到达承灾体止, 二者之间的时间差称为泥石流警报的时间提前量。从这一概念可知, 只有非成灾性泥石流和成灾性泥石流警报才有时间提前量。其中非成灾性泥石流由于不构成灾害, 时间提前量不具备实际意义, 但是成灾性泥石流警报时间提前量的长短, 对减灾防灾, 尤其是对减少人员伤亡具有重大意义, 因此对成灾泥石流警报的时间提前量必须给予高度重视。成灾泥石流警报的时间提前量可由式(4)计算获得

$$t = L/V \quad (4)$$

式中  $t$  为泥石流警报的时间提前量(s),  $L$  为泥石流监测断面的下断面到承灾体的距离(m),  $V$  为监测断面监测到的泥石流的流速(m/s)。

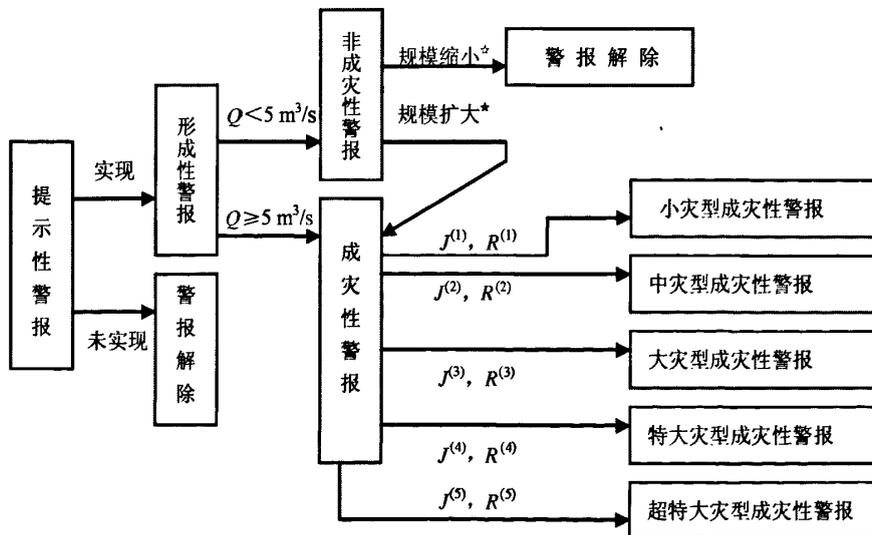
这里还应指出两点: 1) 监测断面以下不应有较大支沟汇入, 即泥石流流量不能有较大增幅; 2) 监测断面以下的沟床比降应与监测区段沟床比降保持一致, 即泥石流流速不能有较大增幅。

## 6 泥石流警报的流程与发布

泥石流警报的流程和发布, 在泥石流警报中具有重要意义, 下面分别讨论。

### 6.1 流程

泥石流警报的流程, 见图1。



☆: 规模缩小到→0; ★: 规模扩大到≥5 m<sup>3</sup>/s;  $J^{(1)}$ :  $0.5 \leq J \leq 30.0, R^{(1)}$ :  $1 \leq R < 30$ ;  $J^{(2)}$ :  $30.0 \leq J < 100.0, R^{(2)}$ :  $30 \leq R < 100$ ;  $J^{(3)}$ :  $100.0 \leq J < 1000.0, R^{(3)}$ :  $100 \leq R < 1000$ ;  $J^{(4)}$ :  $1000.0 \leq J < 10000.0, R^{(4)}$ :  $1000 \leq R < 10000$ ;  $J^{(5)}$ :  $> 10000.0, R^{(5)}$ :  $R > 10000$ . (J 以万元为单位, R 以人为单位)

图1 泥石流警报流程框图

Fig. 1 Block diagram of debris flow alarm

## 6.2 警报的发布方式

泥石流警报的发布方式,决定于泥石流警报的类型和成灾性警报的灾害等级。

### 1. 提示性警报的发布方式

1)当简易监测点监测到两种及以上泥石流暴发的前兆现象,并监测到沟谷水流(水位)快速增长、泥沙量迅速增加时,应立即向县(市、区)、乡(镇)政府(街道办事处,以下简称街道办)、村(居)委会和泥石流预警管理三(县)级站报告,经县政府和泥石流预警管理三(县)级站审查、核实后,由县政府或其授权单位向泥石流危险区居民发布泥石流提示性警报(红色)。

2)无论是简易监测点还是专业监测站,只要监测到监测区域或监测流域的实时降水量达到当地泥石流暴发临界雨量的90%时,应立即向县(市、区)、乡(镇)政府(街道办)、村(居)委会和泥石流预警三(县)级管理站报告,经县政府和泥石流预警管理三(县)级站审查、核实后,由县政府或其授权单位向泥石流危险区居民发布泥石流提示性警报(红色)。

### 2. 形成性警报的发布方式

无论是简易监测点还是专业监测站,只要监测到满足泥石流次声或泥石流地声的标准频率和振幅的声响出现,并能稳定地持续30s时,说明泥石流已经形成。应立即向县(市、区)、乡(镇)政府(街道办)、村(居)委会和泥石流预警管理三(县)级站报告,经县政府和泥石流预警管理三(县)级站审查、核实后,由县政府或其授权单位向泥石流危险区居民发布泥石流形成性警报(红色)。

### 3. 非成灾性警报的发布方式

无论是简易监测点还是专业监测站,当发现泥石流已进入监测区域,且通过断面监测发现其流量( $Q_c$ ) $<5\text{ m}^3/\text{s}$ 时,说明泥石流规模小,尚不足以形成灾害。这时,应立即向县(市、区)、乡(镇)政府(街道办)、村(居)委会和泥石流预警管理三(县)级站报告,经县政府和泥石流预警管理三(县)级站审查、核实后,由县政府或其授权单位向泥石流危险区居民发布泥石流非成灾性警报(保持红色)。

### 4. 成灾性警报的发布方式

当断面监测发现泥石流流量( $Q_c$ ) $\geq 5\text{ m}^3/\text{s}$ 时,说明泥石流规模已达到成灾性泥石流规模,这时,应根据各等级成灾性泥石流的阈值(见表2),迅速确定泥石流的成灾等级。泥石流的成灾等级确定后,

立即按下列程序向各级政府和各级泥石流预警管理站报告:

1)当泥石流对承灾体可能造成的灾害达到小灾和中灾时,泥石流预警监测站(点)应立即向县(市、区)政府和泥石流预警管理三(县)级站报告,并同时向乡(镇)政府(街道办)和村(居)委会报告,经县政府和泥石流预警管理三(县)级站审查、核实后,由县政府或其授权单位向泥石流危险区居民发布小灾级或中灾级泥石流成灾性警报(红色)。

2)当泥石流对承灾体可能造成的灾害达到大灾时,预警监测站应立即向市(地、州)和县(市、区)政府与泥石流预警管理二(市)级和三(县)级站报告,并同时向乡(镇)政府(街道办)和村(居)委会报告,经市(地、州)和县(市、区)政府与泥石流预警管理二(市)级和三(县)级站审查、核实后,由市、县政府或其授权单位向泥石流危险区居民发布大灾级泥石流成灾性警报(红色)。

3)当泥石流对承灾体可能造成的灾害达到特大灾时,泥石流预警监测站应立即向省(市、区)和市(地、州)政府和泥石流预警管理一(省)级和二(市)级站报告,并同时向县(市、区)、乡(镇)政府(街道办)和村(居)委会报告,经省(市、区)和市(地、州)政府与泥石流预警管理一(省)级和二(市)级站审查、核实后,由省(市、区)、市(地、州)政府或其授权单位向泥石流危险区居民发布特大灾级泥石流成灾性警报(红色)。

4)当泥石流对承灾体可能造成的灾害达到超特大灾时,泥石流预警监测站应立即向中央和省(市、区)、市(地、州)政府和泥石流预警管理中心站、一(省)级和二(市)级站报告,并同时向县(市、区)、乡(镇)政府(街道办)和村(居)委会报告,经中央和省(市、区)、市(地、州)政府与泥石流预警管理中心站、一(省)级和二(市)级站审查、核实后,由省、市政府或其授权单位向泥石流危险区居民发布超特大灾级泥石流成灾性警报(红色)。

5)泥石流警报涉及到的领域宽广、内容庞杂,是一项巨大的系统工程,其间尚存在若干未知领域,因此政府应授权泥石流预警监测站(点)在出现特殊状况时,有权作特殊处理,如当监测到暴雨量和暴雨强度特大、泥石流规模和流速超过预设值时,有权直接向危险区居民发布泥石流警报,并组织群众转移,然后再向各级政府和泥石流管理站报告的权限。

## 7 泥石流预警机构的组织体系

泥石流预警机构由技术体系(由一系列规模不等,监测仪器设备、监测方案和任务分工不同,互不从属的监测站(点)组成)和管理(业务和行政管理)体系(由一系列具有双重领导和从属关系、级别不同的管理站组成)组成。技术体系已在前文做了详尽分析,下面仅讨论预警管理体系。

### 7.1 预警管理中心站

在水利部(含水土保持司和国际合作与科技司)领导下,以流域(如长江流域、黄河流域……)为单元组建泥石流预警管理机构。泥石流预警管理中心站是流域内泥石流预警的最高领导机构(通常挂在流域管理机构(如长委会、黄委会……)的水土保持局内),全面负责流域内泥石流预警的业务和行政管理工作;预警管理中心站在接受水利部(含水土保持司和科技司)和流域管理机构(含水土保持局)领导的同时,还与泥石流多发区的省(市、区)政府(含水利厅)共同管理泥石流预警管理一级站和泥石流预警监测站一级。

### 7.2 预警管理一级站

在水利部、流域管理机构和省(市、区)政府的领导下,以泥石流预警管理中心站为依托,在泥石流多发区的省(市、区)组建泥石流预警管理一级站(通常挂靠在水利厅水土保持总站(局)内),全面负责省内泥石流预警的业务和行政管理工作;预警管理一级站在接受省(市、区)政府(含水利厅、水土保持总站(局))和流域管理机构(含水土保持局)及泥石流预警管理中心管理站领导的同时,还与省内市(地、州)政府和泥石流预警管理中心站共同管理泥石流预警管理二级站和泥石流预警监测站二级。

### 7.3 预警管理二级站

在省(市、区)政府、流域管理机构(含水土保持局)和市(地、州)政府(含水土保持局)的领导下,以泥石流预警管理中心站和一级站为依托,在泥石流多发区的市(地、州)组建泥石流预警管理二级站(通常挂靠在水利局水土保持站内),全面负责市内泥石流预警的业务和行政管理工作;预警管理二级级站在接受市(地、州)政府(含水利局、水土保持站)和预警管理中心站、一级站领导的同时,还与市内泥石流多发区的县(市、区)政府和泥石流预警一级管理站共同管理泥石流预警管理站三级和泥石流

预警监测站三级。

### 7.4 预警管理三级站

在市(地、州)和县(市、区)政府(含市、县水土保持局)的领导下,以泥石流预警管理一级站和二级站为依托,在泥石流多发区的县(市、区)组建泥石流预警管理三级站(通常挂靠在水利局水土保持站内),全面负责县内泥石流预警的业务和行政管理工作;预警管理三级级站在接受县(市、区)政府(含水利局、水土保持站)和泥石流预警管理一级、二级站领导的同时,还与县(市、区)政府和泥石流预警管理二级站共同管理泥石流预警简易监测点,同时还应代管境内的泥石流预警一级、二级和三级监测站,境内的各级泥石流预警监测站向各级政府上报的警报建议,都要同时抄报(送)县政府和泥石流预警管理三(县)级站。

### 7.5 预警管理群测群防领导小组

在县(市、区)政府(含市、县水土保持局)和乡(镇)政府的领导下,以泥石流预警管理三级站为依托,在泥石流多发区的乡(镇)组建泥石流预警管理群测群防领导小组(可挂靠在水管站内);群测群防领导小组在接受乡(镇)政府和泥石流预警管理三(县)级站领导的同时,还与乡(镇)政府和三(县)级监测站共同管理乡(镇)内的泥石流预警简易监测点。

在乡(镇)政府的领导下,以泥石流预警管理群测群防领导小组为依托,在村(社区)设泥石流预警督办员(挂靠在村委会,也可由村委会成员兼任);群测群防督办员要在村委会和群测群防领导小组的领导下全面管理村内各村(居)居组实施的点面结合的简易监测预警监测机构的泥石流监测预警工作。

这一泥石流预警机构管理体系的实施,不仅能全面实现泥石流预警的专群结合,而且能全面实现全国泥石流多发区泥石流预警的全面覆盖。

## 参考文献(References)

- [1] Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences. Research and prevent of debris flow [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1989: 257-262 [中国科学院成都山地灾害与环境研究所. 泥石流研究与防治 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1989: 257-262]
- [2] Wu Jishan, Kang Zhicheng, Tian Lianquan, et al. Debris flow observation research in Jiangjia Gully of Yunnan [M]. Beijing: Science Press, 1990: 156-164 [吴积善, 康志成, 田连权, 等. 云南蒋家沟泥石流观测研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1990: 156-164]

- [3] Zhou Bifan, Liang Huzhang, Cheng Zunlan. Debris flow mud-bit detection and alarm system[G]//Chengdu Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences. Debris flow, No. 3. Chongqing: Science and Technique Library Press, Chongqing Division; 1986:110 - 113 [周必凡, 梁虎章, 程尊兰. 泥石流泥位探测报警系统[G]//中国科学院成都地理研究所等编. 泥石流(3). 重庆:科学技术文献出版社重庆分社, 1986:110 - 113]
- [4] Zhang Shuicheng, Yu Nanyang. Early warning system to debris flow [J]. Journal of Mountain Science, 2010, 28(3): 379 - 384 [章书成, 余南阳. 泥石流早期警报系统[J]. 山地学报, 2010, 28(3): 379 - 384]

## Techniques of Debris Flow Alarm

ZHONG Dunlun<sup>1</sup>, ZHANG Jinshan<sup>1,2</sup>, XIE Hong<sup>1,2</sup>, CUI Peng<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China;

2. Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Process, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Alarm is important in reducing hazards from debris flow. The alarm concerns the formation and hazard potentiality of the event and there are four levels of monitoring. The first level focuses on debris flows with the potential of extremely high hazard, the second on high hazard; the third on medium hazard, and the fourth on small hazard. Parameters include rainfall, other climate factors, infrasound of debris flow, ground sound, mud level, flow velocity, density, viscosity, and channel variation. Easy monitoring includes forewarning, rainfall, water (mud) level, sediment variation, and infrasound. The parameter observation must follow rules and criterions of meteorology, hydrology, and other professional requirements. The hazard of debris flow falls into 14 levels in 4 classes, according to the critical indices. Data analysis includes the moving rainfall (intensity) of 10 min, 1 h, and 24 h, with comparison with the triggering rainfall of the historical events. The mud mark of the cross-section can be used to estimate the flow discharge by production of the cross-section area and the velocity  $Q_c = W_c \times V_c$ . Once the debris flow dams the mainstream river, measurements must be taken immediately on the dam body and then the impounded water and the possible inundated area be estimated. The time ahead the occurrence is determined by  $t = L/V_c$ .

**Key words:** alarm of debris flow; alarm types; debris flow monitoring

作者: [钟敦伦](#), [张金山](#), [谢洪](#), [崔鹏](#), [ZHONG Dunlun](#), [ZHANG Jinshan](#), [XIE Hong](#), [CUI Peng](#)

作者单位: [钟敦伦, ZHONG Dunlun\(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川, 成都, 610041\)](#), [张金山, 谢洪, 崔鹏, ZHANG Jinshan, XIE Hong, CUI Peng\(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川, 成都, 610041; 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室, 四川, 成都, 610041\)](#)

刊名: [山地学报](#) **ISTIC PKU**

英文刊名: [JOURNAL OF MOUNTAIN SCIENCE](#)

年, 卷(期): 2011, 29(2)

## 参考文献(4条)

1. [中国科学院成都山地灾害与环境研究所](#) [泥石流研究与防治](#) 1989
2. [吴积善; 康志成; 田连权](#) [云南蒋家沟泥石流观测研究](#) 1990
3. [周必凡; 梁虎章; 程尊兰](#) [泥石流泥位探测报警系统](#) 1986
4. [章书成; 余南阳](#) [泥石流早期报警系统\[期刊论文\]-山地学报](#) 2010(03)

## 本文读者也读过(8条)

1. [陈琪](#), [刘石](#) [模拟泥石流中块状物分布的ECT测量\[会议论文\]-2010](#)
2. [冯义从](#), [岑敏仪](#), [张同刚](#), [FENG Yi-cong](#), [CEN Min-yi](#), [ZHANG Tong-gang](#) [用无控制DEM匹配与差异探测监测泥石流灾害的方法研究\[期刊论文\]-水土保持通报2007, 27\(1\)](#)
3. [余斌](#), [Yu Bin](#) [超前地质预报在夹活岩隧道岩溶地质施工中应用\[期刊论文\]-石家庄铁道学院学报2006, 19\(3\)](#)
4. [徐庆](#), [杨文](#), [王浩](#), [胜康沟泥石流特征及危害性评价\[期刊论文\]-采矿技术2010, 10\(2\)](#)
5. [梁志刚](#), [陈云敏](#), [陈仁朋](#), [陈赞](#), [LIANG Zhi-gang](#), [CHEN Yun-min](#), [CHEN Ren-peng](#), [CHEN Yun](#) [同轴电缆电磁波反射技术监测滑坡研究\[期刊论文\]-岩土工程学报2005, 27\(4\)](#)
6. [张占彪](#), [潘军](#) [典型岩溶地质钻孔桩施工方法\[期刊论文\]-铁道标准设计2007\(8\)](#)
7. [闫恩杰](#), [YAN En-jie](#) [对我国社区规划的思考\[期刊论文\]-工程建设与设计2005\(8\)](#)
8. [文光菊](#), [陈洪凯](#), [WEN Guang-ju](#), [CHEN Hong-kai](#) [天府矿区戴家沟泥石流成因与防治对策研究\[期刊论文\]-重庆交通大学学报\(自然科学版\)2011, 30\(1\)](#)

## 引证文献(3条)

1. [谢洪](#), [刘维明](#), [赵晋恒](#), [胡凯衡](#) [四川石棉2012年“7·14”唐家沟泥石流特征\[期刊论文\]-地球科学与环境学报2013\(4\)](#)
2. [程思](#), [袁源](#), [周政](#) [文家沟泥石流监测预警系统研发与建设\[期刊论文\]-人民黄河2013\(7\)](#)
3. [徐如阁](#), [铁永波](#), [巴仁基](#) [下游集中补给型泥石流流动力学特征与防治对策——以四川省泸定县干沟泥石流为例\[期刊论文\]-灾害学2013\(3\)](#)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_sdx201102013.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201102013.aspx)