

# NJ—2A 泥石流地声报警器研制与应用

陈精日, 刘立秋

(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)

**摘 要:** 八十年代初我们开始对泥石流地声(振动)特征值与泥石流活动关系进行了研究, 研制成功“泥石流地声报警器”等, 并先后在蒋家沟和长江上游三省六个站点安装使用了 8 套仪器, 其中有 5 套“NJ—2A 地声遥测报警器”在 5 个预警报站安装使用, 其中宁南县城后山史家沟 1991 年成功监测 5 场泥石流, 并发出预警。使观测人员能及时进入观测现场, 收集各种泥石流资料并随时监视着泥石流的发展趋势, 一旦泥石流进一步发展可能给当地人民生命财产造成危害时就能及时发出报警。通过上述成功监测实例又一次证明“泥石流地声报警器”进行泥石流防灾报警是可行的。本文还就“泥石流地声报警器”的报警工作原理和性能特点进行了论述。

**关键词:** 泥石流; 地声; 报警

**中图分类号:** X4

**文献标识码:** B

泥石流虽然能造成严重的灾害, 但是如果能提前了解它的暴发所具备的条件, 预测预警报发生灾害的可能性及可能危害的范围及程度, 在进行工农业生产规划布局时就能预先加以改善, 对已有设施采取防护措施, 如危险度分区、工程防治或预警报手段等<sup>[1,2]</sup>。暴发前如能及时抓住泥石流暴发前的前兆信息, 进行泥石流预报, 或当泥石流在形成区(源头)刚开始形成就能获得泥石流暴发活动的信息, 及时发回警报, 可争取防灾减灾时间, 变被动为主动防治, 从而将灾害的损失减少到最低程度。因此, 分析典型泥石流沟系列观测资料, 建立泥石流预报模型, 研究各种预警参数、方法, 研制各种预警仪器等, 均为泥石流研究中十分重要的研究课题, 已引起世界各国泥石流科技工作者的高度重视, 并投入大量资金、人力、物力, 开展此项研究工作。并已取得实质性进展。

我国从七十年代以来就开展了利用降雨进行降雨类泥石流预报的研究工作, 建立了泥石流形成雨量判别式, 提出了利用降雨条件进行暴雨泥石流预报的原理和方法。1982~1984 年在蒋家沟进行了连续三年泥石流实时预报获得成功。近几年来在长江上游的局部地区进行了推广应用的实验, 取得了初步成效。八十年代初我们还开始对泥石流地声(振动)特征值与泥石流活动的关系进行了研究, 研制成功“泥石流泥位警报

器”<sup>[3~5]</sup>, 并先后在蒋家沟和长江上游一些泥石流预警站点进行了初步实验应用。

## 1 泥石流地声报警原理

泥石流地声(振动)随着泥石流的流动面而产生, 又随着泥石流的停止而终止。

泥石流地声(振动)波与其他振动波一样, 具有它独特的振动频率、波形, 如能测出泥石流地声波的主频范围并与沟道环境背景产生的振动区别开来, 并根据泥石流地声强度(振幅)与泥石流流量成正比的关系再根据泥石流的过流持续时间较长(一般至少 $> 5s$ ), 根据我们对蒋家沟等泥石流地声波的频率分析, 泥石流地声主频范围在  $10Hz \sim 100Hz$  变化, 多数集中在  $30Hz \sim 80Hz$  范围内摆动。测得最大强度达  $0.1g$ , 一般较大阵性泥石流时间都在  $10^+s \sim 30^+s$  因此, 利用鉴频、鉴幅, 延时三要素, 研制的泥石流报警器在报警监测实验中获得成功<sup>[6,7]</sup>。泥石流地声监测研究为泥石流报警提供新的方法, 也为泥石流研究开辟新的领域, 这是一种很大的成功。但实验报警器也存在仪器性能不稳定等缺点, 报警强度范围易产生错报, 因此, 经过几年的试验, 我们结合长办课题, 研制成 NJ—2A 泥石流报警器, 并在防灾系统中得到了应用。

收稿日期: 2001-02-26; 改回日期: 2001-06-19。

基金项目: 中国科学院特别支持领域“山地灾害—泥石流滑坡基础研究”(961393)和“中国科学院仪器研究专项经费”资助。

作者简介: 陈精日(1942-), 男(汉族), 广东台山人, 研究员, 主要从事泥石流预警报研究。

2 NJ-2A 地声报警器组成、工作流程及框图

地声报警器是由内机和外机两部分组成。外机完成信号检测、放大、预处理、调制、发送。内机完成解调、电平检测、显示、报警。内机还可以发送一下信号让外机启动, 及完成系统的自检查。电台除了用于信号的传输外, 也保留了通话功能(图 1, 2)。

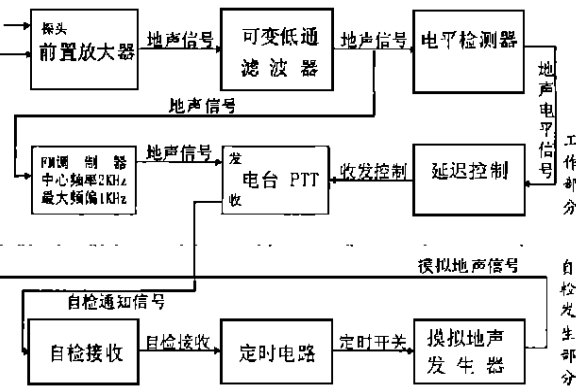


图 1 地声外机工作原理框图

Fig. 1 Schemitec of Outside Ground Sound Tester

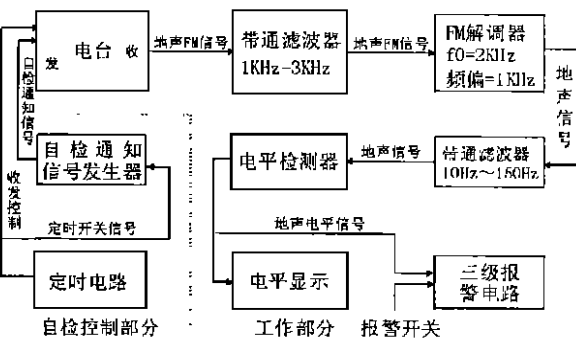


图 2 地声内机工作原理框图

Fig. 2 Schemieic of Inside Ground Sound Tester

泥石流地声报警器工作流程是当地声探头接收到泥石流振动信号后首先进入前置放大器(前置放大器的作用, 一是匹配地声探头的阻抗; 二是均衡地声探头的灵敏度, 地声信号经放大或处理后进入可变低通滤波器, 如是地声信号, 就让其通过, 否则不能通过, 地声信号经过可变低通滤波器后分两路, 一路进入电平检测器变成地声电平信号, 并进行电平比较, 当其值大于预置值就让其通过到达延迟控制

器, 当延迟时间达到预先规定的时间( $n \times 100 \text{ s} \sim 30 \text{ s}$ ,  $n=1 \sim 9$ )就能打开电台的发射, 并使电台处于发射状态。而另一路的地声信号经 FM 调制器, 使信号成为电台可能发射的地声 FM 信号发射给内机。内机经滤波解调, 进入电平检测器, 转变成地声电平信号, 由三级报警电路实现三级报警。

3 NJ-2A 泥石流地声报警器在长江上游预警站点的应用简介

从 1991 年开始我所为长江上游预警系统研制成 NJ-2A 泥石流地声报警器和 ND-2 超声波泥位警报仪 2 种共 10 套仪器, 在长江上游滑坡、泥石流监测系统的三省 6 个站点安装应用了 8 套仪器, 其中 NJ-2A 地声警报 6 套, ND-2 超声波泥位仪 2 套(见表 1)。其中宁南县城后山史家沟 1991 年成功监测到 5 场泥石流的暴发。并成功发出预报警, 据了解, 其他各站点未暴发过泥石流。现将史家沟泥石流暴发监测报警列于表 2, 并作简要介绍。

从表 2 列出的数据说明这几场泥石流是典型的粘性泥石流, 流量不大, 最大的流量才  $10.76 \text{ m}^3/\text{s}$ 。事实上泥石流流量达到  $2 \text{ m}^3/\text{s} \sim 3 \text{ m}^3/\text{s}$  时, 报警器最灵敏档就已经发出警报, 说明报警器的灵敏度是比较高的。据宁南泥石流观测站值班人员介绍, 由于这几场泥石流主要是由于泉水堵塞, 基本未下雨, 所以 1991-10-07 晚第一场泥石流报警器发出警报时, 他们还以为是有人或牲口撞打地声传感器埋设地点造成误报的。但当他们赶到传感器安装地点时, 发现第一阵泥石流已经停淤在传感器埋设点下游 100 m 以上的区域内, 泥深达 1m。以后又发生了两阵泥石流, 泥深达到 1.2 m 和 1.1 m。容重达到  $2.162 \text{ g}/\text{cm}^3$ , 流速为  $0.7 \text{ m/s} \sim 0.95 \text{ m/s}$ 。

从上述实验应用的成功说明, 采用泥石流地声报警的方法是可行的。因为这种报警器是采用泥石流声作为报警的, 只要有泥石流流动, 就有泥石流地声信号, 因此它可用于同类泥石流的监测。由于这种报警器的探头只需要埋设在泥石流沟缘附近的基岩或防治工程上就能监测泥石流, 因此不会被泥石流砸坏, 因而可长期反复使用。同时, 该报警器采用无线遥测装置传输信息, 保证受威胁区内人员有较长的撤离时间和疏散财产。

表 1 NJ-2A 与 ND-2 泥石流报警器应用情况简介  
Table 1 Application with Nj-2A and ND-2 devices

仪器名称	安装地点	仪器数量	安装时间	是否发生过泥石流
NJ-2A 泥石流地声遥测报警器	四川会理清水河	2	199 年	无
ND-2 超声波泥位警报仪	四川会理清水河主沟道	1	1992 年	无
ND-2 超声波泥位警报仪	四川省雷波黑水沟	1	1992 年	无
NJ-2A 泥石流地声遥测报警器	四川省宁南县后山史家沟	1	1992 年	1991 年检测到 5 次泥石流
NJ-2A 泥石流地声遥测报警器	四川金阳县瓦池沟	1	1992 年	无
NJ-2A 泥石流地声遥测报警器	甘肃省文县关家沟	1	1991 年	无
NJ-2A 泥石流地声遥测报警器	陕西省略阳白洋沟	1	1991 年	无

表 2 史家沟 1991 年 10 月泥石流报警记录一览表<sup>1)</sup>  
Table 2 Records of debris flow in shijia gully, Oct., 1991

场次	预警仪类型 <sup>2)</sup>	报警起始时间(日时分秒)	泥石流到达时间	报警时间提前量	报警距离(m)	报警流量 <sup>3)</sup> (m <sup>3</sup> /s)	泥石流性质	容量(t/m <sup>3</sup> )	备 注
1	地声报警器 × 50, II, II, I	7 日 04:38'35"	未到达 (该次泥石流几乎全部停止于水厂上游沟床内约 400 m 处)		1076	5.64	粘性阵流	2.162	
2	同 1	8 时 01:36'00"		未测到	同 1	10.71	同 1	2.442	该泥石流由泉水激发汇聚而成, 5 次均同
3	同 1	9 时 22:45'00"			同 1	6.27	同 1	2.183	
4	同 1	14 时 19:59'00"			5.52	同 3	2.152		
5	同 1	2 时 19:59'00"			同 4	7.61	同 4	2.236	

1) 由宁南站徐应白测试, 潘朝成校核;  
2) 报警流量是由观测者根据断面观测得出的;  
3) 预警类型是指各档(×1, ×2, ×5, ..., ×100)内绿(III), 黄(II), 红(I)的类别。

此外, 该地声报警器较之旧式的 NJ-2 地声报警器还有以下几点改进:

- 1. 采用先进的集成电路系统提高仪器的工作稳定性;
- 2. 用可变滤波器(10 ~ 150Hz)使适应性更强。它既可专门用来监测高粘性和粘性泥石流, 也可用来监测过滤性、衡性泥石流或高含水量沙水流;
- 3. 用三级报警(预警报、警报、紧急警报), 提高报警能力, 增强报警的社会经济效益和减灾功能。

至于这几场泥石流流量很小, 只有几个流量就发出预警报或紧急警报的问题, 这是我们预先设置, 把仪器调到最灵敏档的结果。因为第一, 观测站要收集资料, 只要暴发泥石流就发出预警报让工作人员进入监测现场收集资料。第二, 探头埋设地点离保护区最近的宁南二中只有一公里左右, 且新研制的仪器是首次推广实验应用, 为安全保险起见使报警置于最灵敏档, 避免由于报警门坎值过高产生漏报, 给国家和人民生命财产造成不必要的损失。第三, 泥石流地声强度不仅与泥石流流量成正比关系, 而且与安装地点密切相关。距离愈远强度愈弱, 但地声信息在岩体中的传递过程中其特征值(强度、主

频等)如何变化, 当时没有研制出相应的监测仪器进行测试研究, 其预警门坎值必须通过试验逐步确定或凭技术人员的经验确定, 可靠性不高。1998 年我们利用泥石流专项资金研制相应的仪器监测泥石流地声信息在传递过程中的传播特征值的变化, 为解决上述问题提供了技术条件, 在蒋家沟采用多通道地声检测仪进行数据采集, 将各个通道的传感安装在远近不同的位置, 所取得的数据反映了该岩土对地声信号的衰减规律, 不同距离有不同的地声强度值, 探头埋设不同的位置都有一个与之相对应的报警门坎值, 这就能使地声报警的门坎值设置更简便且更准确。

参考文献:

[1] 王伟, 许唯临, 谭炳炎, 等. 铁路泥石流预警报警体系[J]. 山地学报, 1999, 17(2): 183 ~ 187  
[2] 刘希林. 泥石流风险评价中若干问题的探讨[J]. 山地学报, 2000, 18(4): 341 ~ 345.  
[3] 杨仁文. 超声波泥位计的研制和应用效果[J]. 山地学报, 1998, 16(1): 77 ~ 79.  
[4] 陈精日, 刘立秋. 泥石流自动化观测系统[J]. 山地学报, 2001, 19(1): 59 ~ 63.

- [5] 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: 四川科技出版社, 1989. 257~262.
- [6] 陈精日, 章书成, 叶明富. 泥石流地声特性及 NJ—2 型无限遥测泥石流报警器的研制 [A]. 见: 第二届全国泥石流学术论文集 [C]. 北京: 科学出版社, 1990. 36~41.
- [7] 陈精日, 刘立秋, 叶明富. 泥石流地声渗数传播特征值的测试与分析 [M]. 北京: 科学出版社, 1999. 349~352.

## Research and Application on NJ—2A Ground Sound Warning Device for Debris Flow

CHEN Jing-ri and LIU Li-qiu

(Dongchuan Debris Flow Observation and Research Station, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041 China)

**Abstract:** Debris Flow Ground Sound Warning (DFGSW for short) has already developed into one of the considerably successful methods since 1980's. The vibration wave, just same to other vibration wave, owns its special vibration frequency and waveform from motion, collision of debris flow. NJ-2 DFGSW Device. Based on both the direct ratio relationship between ground sound intensity (amplitude) with debris flow discharge measured at Jiangjia Gully, and the analytical result of characteristic values (frequency, aptitude, lasting time) of debris flow passing section, came into appear. As a new method, this device has quite succeeded in the warning experiment and made great progress at the same time. However, unstable performaxce, limited debugging range of the experiment-warning appliance will help the wrong warning send out easily. As a satisfactory result, DFGSW has been effectively improved during the several years' testing with the Yangtze River Control Project's conducting. These devices have been set up at 5 stations in 3 provinces for debris-flow-landslide-monitoring system in the Yangtze River Upper reaches and all of them have exerted their capabilities. Successfully, all of the debris flows, occurred at shijia Gully behind Ningnan County city back-mountain in 1991, have been accurately warned, and all the parameters describing those debris flows have also been introduced by listing, such as occurring time, property, maximum, discharge, velocity, and so on.

The successful warning test indicates that it is available to warn debris flow by ground sound warning approach, and the improvement of NJ—2 DFGSW device is also effective. These achievements improve the warning capability and enhance the warning profits of society, economy and hazards-mitigation.

**Key words:** debris flow; ground sound; warning