

泥石流地声参数传播特征值的测试与分析^{*}

陈精日 刘立秋 叶明富

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

提 要 应用新的地声参数测试仪, 在现场采集了多阵泥石流地声信号, 并对数据进行了初步分析处理, 提出泥石流地声参数值的大小与检测距离有关, 地声波的衰减系数与埋设传感器地点的岩体质地有关。利用泥石流地声随距离变化的衰减系数, 从而建立泥石流地声报警门槛值。

关键词 泥石流 地声 衰减特征值 频谱

分类号 《中国法》X4 文献标识码 A

1 泥石流地声报警原理

泥石流地声(振动)随着泥石流的流动而产生, 这种振动信号沿空气传播产生雷鸣吼声便是人们观测泥石流时听到的泥石流声音。而沿沟岸岩层传播便产生泥石流地声^[1]。泥石流地声与其他振动波一样, 有它自身的特征值, 即有它的频率值和波形振幅值。如能掌握它的特征值, 并确认它与其他环境噪声值(如降雨、刮风、雷电等)有很大的差异, 就能利用它来监测泥石流, 对泥石流进行报警。根据东川站对蒋家沟 20 多场各种不同性质、不同规模的泥石流地声资料的分析得到两个比较显著的特征: 1. 泥石流地声的优势频率为一个比较窄的频率范围。即从 10 Hz ~ 100 Hz 范围内变化摆动, 且优势频率比其他环境噪声频率成分强度高出 20 dB 以上。这为检测识别泥石流信号提供了有利的条件; 2. 泥石流地声强度值与泥石流规模成正比关系。因而可以根据防灾需要确定泥石流报警规模。此外, 可根据泥石流过流的特点设置一个 > 10 s 的延时电路来核实信号。因此, 泥石流地声频率范围、强度大小和延续时间三个要素是研制地声报警器的主要参数^[2]。为此利用鉴频、鉴幅、延时三要素, 研制成的泥石流报警器在报警监测实验中获得成功。所研制的 NJ-2A 泥石流报警器, 先后在东川蒋家沟、长江上游的泥石流预警防灾体系中得到了应用^[3,4]。但是这种研究仅仅是初步的, 还有很多问题需要进一步研究, 例如泥石流地声在传输过程中不同地点的特征值不同, 离泥石流沟床越近, 其特征值越大, 反之越小, 这些值我们以前并没有得到, 这就给我们设置报警门槛值带来了困难; 另外地声报警器也需要提高其可靠性和增加智能化功能。为达此目的, 本课题开展了对地声报警传播特性的研究, 完成了新的地声报警仪的设计与研制。

2 多路地声参数测试仪的构成及性能

2.1 仪器系统组成及工作过程

当沟道发生泥石流时, 泥石流地声经 4 个传感器接收到地声信号后(如图 1), 进行前置放大, 地声信号与设置信号通过的频率(10—120 Hz 范围)相一致而被通过, 其他的干扰信号被滤掉, 通过滤波器的地

^{*}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”资助(编号: 961303)。

收稿日期: 1999—04—01; 改回日期: 1999—06—30。

声信号分两路,一路地声信号进入电平检测器(检波、中断触发),使地声交流信号变成直流电平信号,当地声电平超过一定的幅值,并持续一段时间,信号就触发 CPU 进入数据采集中断过程。在中断处理过程中, CPU 通过通道选择来顺序采集 4 路地声信号(内部完成 10 Bit 的 A/D 转换),数据经过压缩处理,合并当前的日历时钟数据送往 NVRAM 永久保存(掉电不丢失),直到把数据通过 RS 232 C 串行口送往 PC 计算机。

PC 机接收外机发回的地声综合数字信息并存入 DAO 数据库,对数据进行的分析有地声波形显示(Wave)、频谱分析(FFT)、衰减特性分析(dB-L)和对外机的通讯控制、打印报告等功能模块构成。外机所有功能的程序全部由 Franklin C 51 开发完成,PC 机部分的地声数据通讯和分析软件则由 MS Visual C++ 6.0 在 Windows 98/NT 下开发完成(源程序代码约 8 500 行),软件的主要应用界面见图 2。图 2 中左屏为当前数据的频谱分析(FFT)和衰减特性(dB-L)分析图,右屏为当前数据的波形图(Wave)。其中的波形数据可在屏幕上进行任意放大和缩小显示及左右滑动(仅为便于观察和比较各通道的波形数据,不影响原始记录数据),同时还设有采样的区域选择滑块,便于跟踪捕捉典型的数据区域。另外,程序还有一些配套的处理过程,如导入外机仪器的数据进入统一的数据库(采用 DAO 来使用 ODBC 数据库)、数据库的备份和装入、各个通显道示的颜色配置、图表打印及预览等功能。

2.2 仪器主要技术指标

数据通道: 4 路	数据容量: 4M 位(512K Bytes)	数据宽度: (A/D): 10Bit
电源: DC12V(电瓶)	通讯接口: RS232C (19200, N, 8, 1)	频率范围: 10~125Hz

2.3 地声传播特征值的采集处理与分析

由于采用多通道数据采集,将各个通道的传感器安装在远近不同的位置,所取得的数据就反映了该岩土对地声信号的衰减特性,据此可以建立各种岩土对不同性质泥石流(黏性、稀性)的地声衰减特性,利用该衰减特性,建立对应的现场参数选取表,更容易和准确地确定仪器的报警启动参数和报警阈值。

在东川泥石流观测站

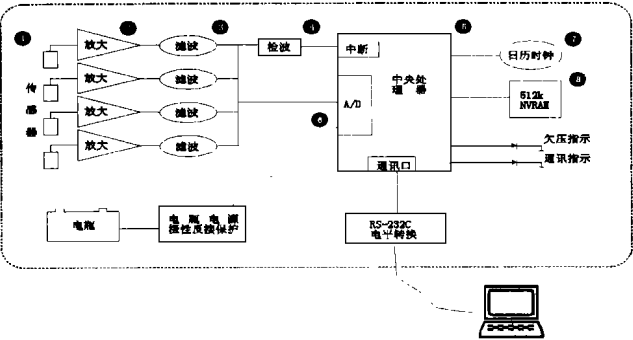


图1 泥石流地声参数检测仪电路系统框图
Figure 1. Schemetic of Debris Flow Ground Sound Recorder

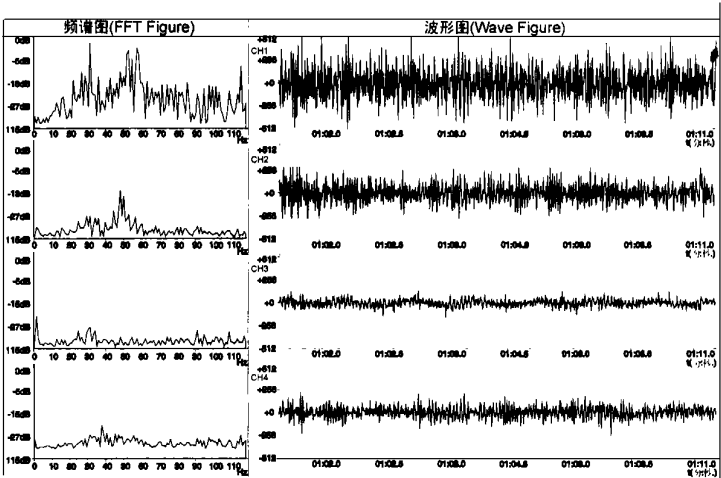


图2-A 地声在板岩地层中的传播特征图
Figure 2-A Speed characteristic in slate

安装应用了该套仪器中部分设备, 并成功采集取得现场的一些地声数据。其中列举实际由分析程序打印输出的地声数据波形图、频谱图和衰减趋势图如图 2—A、2—B。图 2—A、2—B 为我们分别于 1998—08—04 和 08—07 检测得到的蒋家沟泥石流地声波形振幅图和对应的频谱分析图。其中 2—A 图在板岩地层测得, 2—B 图在泥石流堆积体地层测得。从图 2—A、2—B 可以看出: 第一通道地声传感器(CH1)检测的地声值最强, 第二通道(CH2)次之, 第三第四的地声强度又比第二通道的小。这是由于第一通道传感器离泥石流过流断面(沟岸)最近, 第二通道次之, 由此类推, 第四通道离泥石流过流沟岸最远。可以看出泥石流地声参数值的大小与监测距离有关。离过流沟岸越近地声参数值越强, 越远地声参数值越弱。各通道传感器之间的距离埋设时就可以确定, 由此比较波形(或频谱)值的大小就可求出泥石流地声随距离变化的衰减值(或衰减系数), 从而可以较准确求出各个位置的泥石流地声报警的门槛值, 为泥石流地声报警提供更可靠的科学依据。按一般原理第三通道(CH3)的波形振幅(或频谱)应比第四通道的强。但从图 2—A 可看出 CH3 的地声强度比 CH4 的还要小, 分析其原因可能有二: 首先可能是由于 CH3 传感器埋设地点的岩体质地相对较不坚实或由于岩体内部裂缝多, 造成地声衰减较大所致; 其次也可能是埋设传感器时, 传感器与岩体接触不够紧密造成地声信号迅速衰减。属于何种原因还有待进一步测试研究。

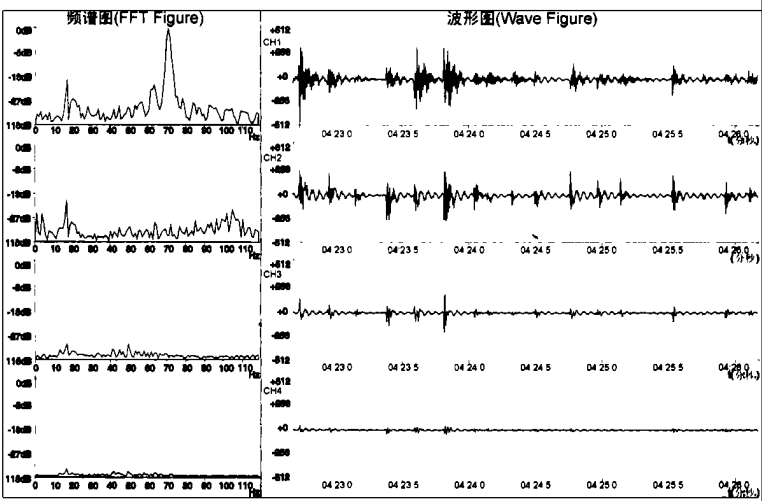


图2-B 地声堆积物中的传播特征图
Figure 2-B Spread characteristic in sediment

比较图 2—A 和图 2—B 可以看出, 图 2—B 地声波的强度衰减比图 2—A 的快, 这是由于泥石流堆积体的坚实程度不如板岩坚实, 从而地声信号衰减得更快所致。

为进一步开展对泥石流地声传播特征值的测试与分析, 我们研制完成了多路地声参数检测仪, 并携带到云南蒋家沟现场采集了 2 场几十阵泥石流地声信号, 对数据进行了初步分析处理, 得到大量泥石流地声传播特征值数

据, 为泥石流地声报警提供准确的报警门槛值。在国外如日本、美国等也有一些科研人员在开展对泥石流地声(振动)的测试研究工作, 但在泥石流地声传播特征值的测试与研究方面还未见有关的研究报告。多路地声检测仪的研制成功为国内首创; 对泥石流地声传播特征值的测试分析在国内也是第一次开展此项工作, 本项研究的深入将为我国泥石流减灾、防灾提供更可靠的报警仪器和防灾手段。

参 考 文 献

[1] 吴积善, 康志成, 田连权. 云南蒋家沟泥石流观测研究. 北京: 科学出版社, 1990. 156~164
[2] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所编著. 泥石流研究与防治. 成都: 四川科技出版社, 1989. 257~262
[3] 陈精日, 章书成, 叶明富. 泥石流地声特性及 NJ—2 型无线遥测泥石流警报器的研制. 见: 第二届全国泥石流学术论文集. 北京: 科学出版社, 1990. 36~41
[4] Kate Gregory 著, 康博创作室译. Special Edition Using Visual C++ 5. 北京: 机械工业出版社, 1998—05

TEST AND ANALYSIS FOR DEBRIS FLOW GROUND SOUND INTERFEX VALUE

CHEN Jing -ri LIU Li -qiu YE Min -fu

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences*
& *Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041*)

Abstract Some results in debris flow warning have been got, which concern ground sound parameters and debris flow discharge. Some warning devices about debris flow were built in previous years, but they are only preliminary steps, and there are still problems unsolved.

For the sake of research on the spread characteristics of debris flow, a new set-up with four sensors was invented. These sensors were placed in different distances from the channel —blank that debris flow impacted. More than twenty ground sound datas were recorded and analyzed. The relationships between FFT figure, wave figure and the distances from the back have shown that the more the distant, the less the values of FFT and wave. Thus we can easily calculate the decline coefficients of the ground sounds with the distances by comparisons of the different FFT and wave figures. Using this method, we have established the threshold for debris flow warning in Jiangjia Ravine.

The research results also show that the declining coefficients are associated with the types of deposits and rocks where the sensors were put. The ground sound declines faster in debris flow sediments than in slate. This implies that the different ground sound also resulted in different stratum. Analysis of these findings may provide more accurate values for debris flow warning system.

Key Words debris flow, ground sound, FFT