

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2018.01.19

崩塌灾害智能化监测预警的终端前置模式及其应用

熊清远¹, 杨 宁², 郑 勇³, 周 勇⁴

(1. 四川远德安防检测设备有限公司, 四川 自贡 643000; 2. 重庆市地理信息中心, 重庆 401121; 3. 四川省地质环境监测总站, 四川 成都 610000; 4. 核工业西南勘察设计研究院, 四川 成都 610000)

摘要:大多数地质灾害监测预警系统的工作模式都是“前端”采集地灾异常信息,再通过网络将数据发回后台的“终端”进行分析处理。联系系统“前端”与“终端”的网络系统出现问题时,其功能和作用必将受到影响。将系统终端前置并创建不完全依赖通讯网络的新工作模式,是提高地灾监测预警系统功效的有效途径。四川省荣县“9·1”中型地质灾害中,因前置终端对地灾判断准确可靠、预警及时有效,使崩塌危害区域内的 180 多人成功避险,堪称崩塌灾害智能化监测预警终端“前置”的一个成功案例。

关键词:地质灾害;监测预警;终端“前置”

中图分类号: P642.21

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2018)01-0125-05

“Front” intelligent monitoring and warning terminal of collapse disaster and its application

XIONG Qingyuan¹, YANG Ning², ZHENG Yong³, ZHOU Yong⁴

(1. Sichuan Yuande Security Detection Equipment Co. LTD, Zigong, Sichuan 643000, China;
2. Chongqing Geographic Information Center, Chongqing 401121, China;
3. Sichuan Geological Environment Monitoring Station, Chengdu, Sichuan 610000, China;
4. Southwest research and design institute of nuclear industry, Chengdu, Sichuan 610000, China)

Abstract: Most of the geological disaster monitoring and early warning system work mode is “front-end” collection of disaster change information, and then through the network to back the data back to the background control “terminal” for analysis and processing. When there is a problem with the network system of “front end” and “terminal”, its functions and actions are bound to be affected. Placing the system terminal at the monitoring site and create a new working model that doesn't completely rely on communication networks is an effective way to improve the effect of geological disaster monitoring and early warning. In the “9·1” middle geological disaster in Rong County, Sichuan Province, because of the terminal terminal, the judgment of ground disaster was accurate and reliable, the warning was in time and effective, more than 180 people in the area of collapse hazard have been successfully safe. It was a successful case of the “front” intelligent monitoring and warning terminal of collapse disaster.

Keywords: geological disaster; monitoring and early warning; terminal “front”

收稿日期: 2017-10-13; 修订日期: 2017-11-01

第一作者: 熊清远(1959-),男,四川富顺人,机电一体化专业,本科,高级工程师,主要从事“物联网+灾害智能监测预警系统”研究、设计、生产工作。E-mail:1368113408@qq.com

0 引言

地质灾害监测预警系统作用发挥的好坏或效能的优劣,取决于其“大脑”——系统“终端”对“前端”采集并通过网络发回的各类地灾异常信息的综合处理能力的可靠性和预报预警的时效性^[1-2]。传统工作模式的监测预警系统终端受到通讯网络异常的影响时,将导致系统终端的分析处理响应滞后、预警指令发送延迟或中断,使整个监测预警系统的作用和效能降低或丧失。因此,创建智能化终端“前置”于监测现场增强系统分析判断可靠性和预报预警时效性的工作新模式,是提高地质灾害智能化监测预警系统效能的有效途径。

2017 年 9 月 1 日上午 8 时 40 分,四川省自贡市荣县双古镇五桐村发生一起中型地质灾害,崩塌和滑坡体积达 $4 \times 10^4 \text{ m}^3$,造成房屋垮塌 83 间,电线杆损坏 20 余根。由于该处地灾隐患点上安装的智能化终端——“崩塌(滑坡)智能监测预警系统”在地灾发生前及时监测到其前兆异常的发生时间、变化进程及变化状况,多次发出预报预警,使崩塌滑坡危险区内涉及的群众 46 户 180 人成功避险,无一例人员伤亡情况发生。成为崩塌灾害智能化监测预警终端前置的一个成功案例。

1 地质灾害监测预警工作模式

1.1 传统工作模式

传统地质灾害监测预警系统的工作模式见图 1。“前端”传感器负责采集地灾异常信息数据,再通过网络将数据传送到后台控制“终端”进行分析处理、存储、发送报警指令等。传统工作模式的不足是:当监测预警系统“前端”与“终端”所依赖的通讯网络数据传输不畅或中断时,该系统的功能和作用的发挥就将受到影响甚至有失去效能的可能。

1.2 终端前置的工作新模式

地质灾害监测预警系统工作新模式就是提高系统终端智能化水平并将智能终端“前置”(图 2)。现场

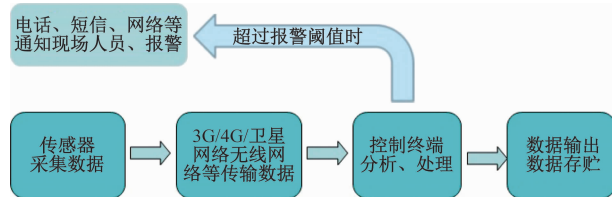


图 1 传统地质灾害监测预警系统工作模式示意图

Fig.1 Schematic diagram of the working mode of traditional geological disaster monitoring and warning system

前置的集数据分析、处置、预警等功能于一体的智能化终端,可始终保障系统对地灾前兆异常的分析判断可靠和预警及时有效。即通讯网络正常时系统工作正常(包括按要求将采集、处理的各类数据信息发往远程的控制中心存储备份),通讯网络异常甚至“断网”时,除发往远程控制中心存储的数据传输功能受到影响外(网络恢复正常后可自行恢复数据传输存储),系统的分析处置、预报预警等功能均不受影响,依然能正常工作。

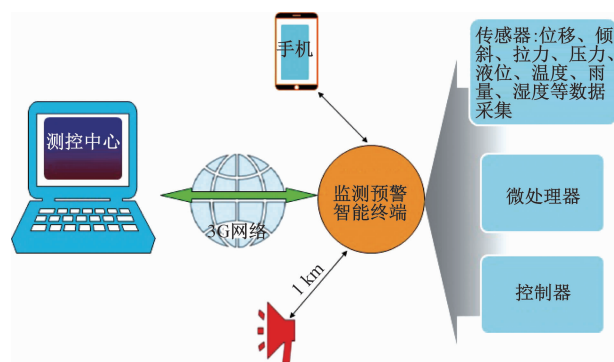


图 2 监测预警系统智能化终端“前置”工作模式示意图

Fig.2 Schematic diagram of the working mode of the “front” intelligent terminal of monitoring early warning system

2 应用案例

2.1 监测方案技术

荣县双古镇五桐村崩塌隐患点有一个砂岩组成的 $70^\circ \sim 90^\circ$ 临空面的崩塌体,在基岩山坡面上已发现许多垂直和水平方向的裂缝,宽度 $10 \sim 50 \text{ mm}$,高差 $70 \sim 80 \text{ m}$ 。估算该崩塌体的体积 $1.0 \times 10^5 \text{ m}^3$ 以上。监测技术方案设计与施工布置是:在既定的危岩体(裂隙)上部较稳定区域布设 1 套智能监测预警终端(采用太阳能供电)、3 个基准点和 1 个雨量监测站。在危岩体(裂隙)下端,分别布设 3 个位移传感器采集危岩体裂隙位移变化信息。位移传感器通过 3 条地下暗埋测线与智能监测预警终端相连。该监测点坡下村民家中安放 1 个远程无线报警终端(留言报警喇叭),山顶边缘处增加一套无线中继和一套 GPRS 增强天线,保障报警信息及监测数据的有效传递。工程布置见图 3。

2.2 监测预警设备

本次采用的“滑坡(崩塌)智能监测预警系统”是具有独立知识产权的集数据采集、控制、传输、预警(声光警笛、短信、电话)于一体的专利产品。该系统独创的每秒实时监测预警、多预警阈值设置^[3]、断网也能监测预警等功能,提高了预警的可靠性和时效性。

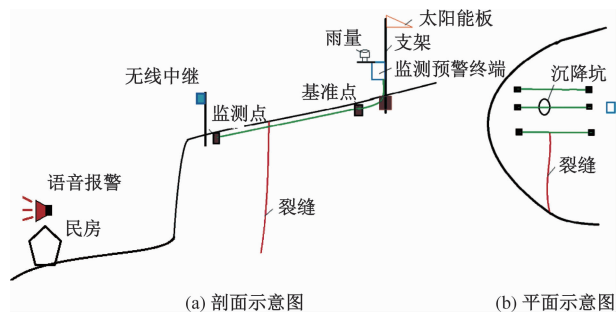


图3 荣县地灾点监测预警系统工程布置示意图

Fig.3 The schematic diagram of the engineering layout of the monitoring and early warning system for the disaster area of Rongxian County

当网络出现故障不能实时传输数据时,监测预警主机自动将数据存贮在本机内(最大可存贮 69 632 条记录),并发出网络错误的预警短信,待网络正常后再将数据上传到控制中心。

本次监测预警参数设置:

①上网参数:

采用域名映射方式

采样间隔:100 ms;

数据上传时间间隔:7 200 s。

②预警阈值:

累计位移:200 mm;(0~600 mm 范围可调)

变化速率:5 mm/min。(1~200 mm/h 可调)

③报警方式:

现场喇叭:“危险!请避让……危险!请避让……”;

报警时长:20 s,反复播放;

短信报警:累计位移或变化速率超过阈值时发送报警短信;

平台报警:超过报警阈值时显示报警图标,并自动调整数据上传时间。

2.3 监测预警过程

2.3.1 预警之前

2016年8月完成该地灾隐患点监测系统安装。至2017年1月19日,该监测点一切正常未发生明显位移变化。1月20日开始,2号点传感器监测到有5 mm位移产生,因未超“位移”和“速率”预警阈值,属正常安全状态(图4)。

荣县双古镇五桐村一匹山

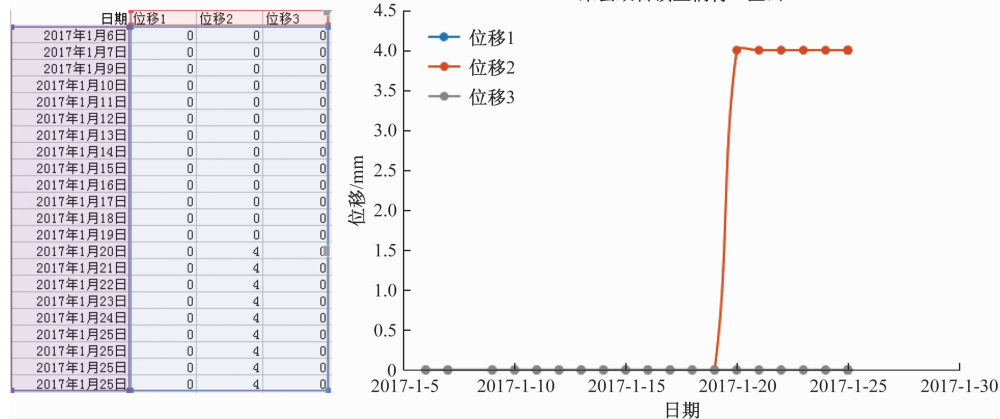


图4 数据曲线图(1月6日~25日)

Fig.4 Data graph (6~25 January)

2.3.2 第一次预警

从2017年2月3日开始,1~3号测线(点)传感器均监测到较明显的位移变化,至2月14日最大位移量已达18 mm。2月9日15点07分,当3号点传感器监测到位移“变化速率”(从0 mm/min到9 mm/min)超过预设阈值后,监测终端及时发出了第一次预警。报警喇叭现场连续发出了“危险!请避让。危险!请避让。…”的警示声音,预警短信也同时分发到事前预设的相关管理人员手机中(图5)。

自贡市国土局、荣县国土局、双古镇等政府有关领导接警后高度重视,根据现场技术勘察发现的塌陷、裂

缝明显加大加深,遇雨水冲刷很容易引发大规模山体垮塌地质灾害且后果严重等实际情况,2月11日现场办公决定直接处于危岩坡下的12户人家共36人立即搬迁避险。

2.3.3 第二次预警

2017年7月16日19时38分,2号监测点监测到突然变化的“异常速率”,其值超过了5 mm/min的报警阈值,监测终端启动了第2次预警。“危险!请避让…”的报警声音在五桐村上空响起。至此次预警,3个监测点的累计位移计量均比前期增大,其中1号监测点的位移累计达到78 mm;2号监测点达到192 mm;3

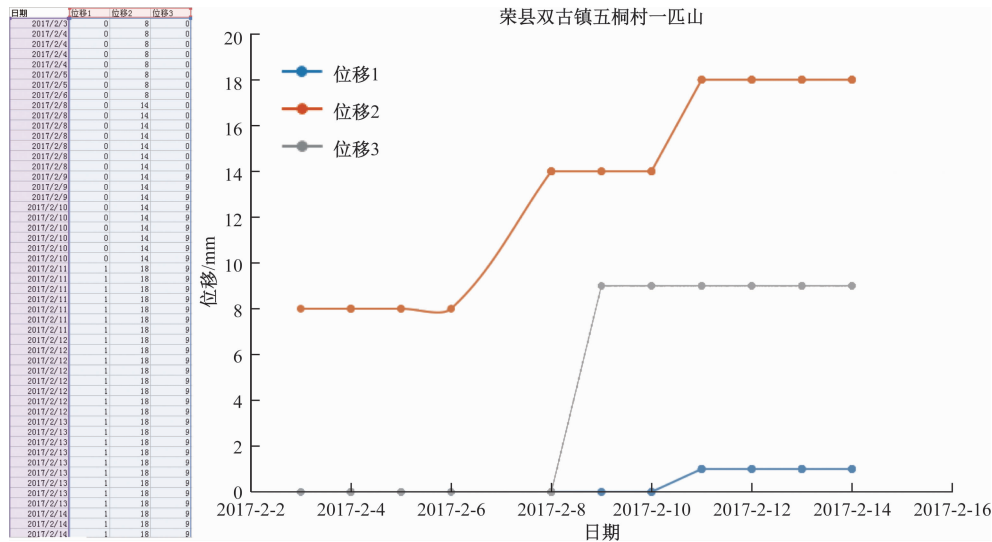


图5 数据曲线图(2月3日~14日)

Fig.5 Data graph (3 ~ 14 February)

号监测点达到 85 mm(图 6)。

为便于监测预警管理,根据监测记录和崩塌体裂缝变形实际,技术人员通过分析崩塌体变形情况,对地质灾害隐患点可能的发展趋势作了预判后,将 3 个监测点的累计位移预警阈值分别调整为 300 mm、400 mm、300 mm,变化率预警阈值调整为 21 mm/min。

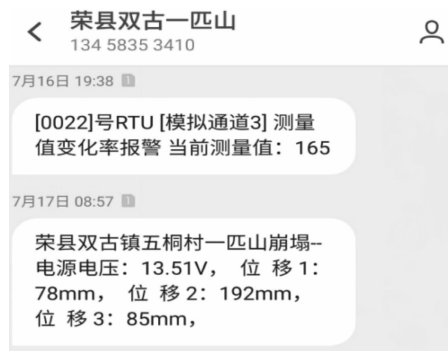


图6 速率超限报警短信(7月16日)

Fig.6 Velocity variation rate transfinite alarm message (16 July)

2.3.4 第三次预警

随着各监测点的位移累积量加速增大。8月21日9:13~9:21又有几次位移累积量上限报警和速率报警情况发生。其中:1号点9:14上限报警310;9:16变化速率报警316。2号点9:13上限报警402;9:16变化速率报警424。现场语音喇叭发出“危险!请避让……”的报警声(图7)。

2.3.5 第四次预警

2017年9月1日智能监测终端第四次启动预警程序。



图7 位移累积超限与速率超限报警短信(8月21日)

Fig.7 Displacement accumulative overlimit and velocity variation rate transfinite alarm message (21 August)

凌晨1时48分,监测终端探测到3号点位移突变量超过阈值后立即启动当天的第1次报警,“危险!请避让……”的报警声音打破五桐村寂静的夜晚。

2时43分,监测预警终端又探测到1号崩塌监测点位移突变超阈值后,当天的警报声再次响起。

6时45分,监测预警终端发现2号崩塌监测点位移突变量超阈值,启动了当天的第3次报警。

2017年9月1日上午7时30分左右,崩塌体开始出现零星的滚石,8时40开始出现山崩,超过4×

10^4 m^3 的山体突然崩塌, 大大小小的滚石散落在约 26.7 hm^2 的地里, 并引起山体滑坡(图 8)。

3 结语

四川省自贡市荣县双古镇五桐村发生的“9·1”中型地质灾害未造成人员伤亡, 得益于崩塌灾害智能化监测预警终端前置的成功运用。这个案例给我们的启示是:

(1) 政府支持是基础。自贡市政府、市、县国土资源部门高度重视地质灾害的防治, 注重运用高科技、智能化手段实施地质灾害的监测预警。并敢于加大对科学监测方法技术的支持力度, 投入专项资金在全市第一批地灾危险形势相对严峻的 18 个监测点上安装了“滑坡(崩塌)智能监测预警系统”(荣县双古镇五桐村地灾隐患点是其中之一)。

(2) 监测预警智能化终端“前置”是保障。“9·1”

地灾点远离城区网络基础设施较差, 虽然现场增加了一个天线放大器, 仍然没能完全解决 GPRS 网络实时在线差的问题。事后对监测记录的综合分析也发现许多测量数据未能实时传回控制中心, 个别报警短信也有延迟的现象发生(最长的达 5 min)。是前置的智能化终端确保了地灾预报预警的及时有效。

(3) 预警判断形式多样化是创新。地灾发生前的征兆往往有不同的表现, 单一的以“位移量”作预警判断标准的方式, 在位移异常加快、加大但又未超过“预设”的预警阈值时, 漏报险情情况就可能发生。在“9·1”地灾的整个监测预警过程中, 有“累计位移”超阈值报警, 但更多的是系统独创的“变化速率”判断方式的报警。形式多样的预警判断方式的组合运用, 使得地质灾害的监测预警判断更精准和更可靠。



图 8 监测记录和报警短信(9月1日)

Fig. 8 Monitoring records and alarm messages (1 September)

参考文献:

[1] 陈祥军, 王景春. 地质灾害防治[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
CHEN Xiangjun, WANG Jingchun. Geological hazard control [M]. Beijing: China Construction Industry Press, 2012.

[2] 刘传正. 重大地质灾害防治理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
LIU Chuansheng. Theory and practice of prevention

and control of major geological disasters [M]. Beijing: Science Press, 2009.

[3] 李聪, 朱杰兵, 王斌, 等. 滑坡不同变形阶段演化规律与变形速率预警判据研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2016, 7(10): 43-46.
LI Cong, ZHU Jiebing, WANG Bin, et al. Study on evolution law and early warning criterion of deformation rate in different deformation stages of landslide [J]. Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2016, 7(10): 43-46.