

文章编号:1001-4179(2010)15-0055-04

# 清江隔河岩库区偏山滑坡实时监测系统应用

赵信文<sup>1,2</sup>, 彭轲<sup>1</sup>, 肖尚斌<sup>2</sup>, 黎义勇<sup>1</sup>, 王宁涛<sup>1</sup>

(1. 中国地质调查局武汉地质调查中心, 湖北 武汉 430223; 2. 三峡大学 土木水电学院, 湖北 宜昌 443002)

**摘要:** 滑坡监测是全面掌握滑坡体变形阶段特征、破坏过程及灾害预测预报必不可少的技术手段, 能有效地预测预报滑坡灾害的发生, 从而降低滑坡灾害造成的损失。但目前滑坡监测多以传统的人工定期监测为主, 不能捕捉滑坡实时动态变化, 无法满足滑坡灾害及时预测预报。以清江隔河岩库区偏山滑坡为例, 建立了一套实时监测系统, 通过数据的无线传输和 Internet 的无线接入, 实现了滑坡灾害监测数据的无线传输、互联网共享和预警, 同时将实时监测结果与人工定期监测结果、滑坡勘察结果进行比较分析, 其结果完全一致, 充分检验了滑坡实时监测系统在滑坡监测中的有效性, 可供地质灾害监测人员参考。

**关键词:** 滑坡; 滑坡监测; 实时监测系统; 隔河岩库区

**中图分类号:** TV698.232 **文献标志码:** A

我国是地质灾害多发国家之一, 尤以滑坡灾害的影响最为严重。据不完全统计, 全国有 70 多座城市和 460 多个县市受到滑坡灾害的威胁及危害, 平均每年至少造成 15~23 亿元的经济损失<sup>[1]</sup>。同时, 很多国家重点工程的建设运营也受到滑坡灾害的威胁, 如长江三峡水利工程、西南多山地区水利工程等<sup>[2]</sup>。因此滑坡监测尤为重要, 但近年来滑坡监测主要局限于人工定期监测层面上, 无法满足滑坡灾害监测效果, 存在监测预报的滞后性, 而实时监测则全天 24 h 监测, 能实时监测到滑坡的变化情况, 为准确、及时预报滑坡灾害提供了有效依据<sup>[3-5]</sup>, 为国家防灾减灾提供技术保障。本文就清江隔河岩库区偏山滑坡实时监测情况进行了分析, 就传统的人工定期监测与实时监测作比较, 结合滑坡勘察结果分析, 证实了实时监测系统在滑坡监测预警中的有效性, 为以后滑坡监测提供参考。

## 1 偏山滑坡概况

偏山滑坡位于清江中游隔河岩库区, 距隔河岩大坝 54 km, 是该库区大型滑坡之一, 为顺向滑坡, 在历

史上多次滑动<sup>[6]</sup>, 形成三级缓倾平台地貌, 平台向南倾斜, 与主滑方向基本一致, 倾角一般在 5°~10°, 平台高程分别为 270~260, 250~245, 208~200 m, 平台之间多以围椅状的陡坎相接, 属典型的滑坡堆积地貌。滑坡整体平面呈扇形, 纵向最大长度 800 m, 最大宽度 700 m, 总面积约 0.56 km<sup>2</sup>, 剖面形态呈凸型, 根据钻探资料揭示, 滑坡整体具有后缘、中部厚、前缘薄的特点, 平均厚度 15.37 m, 总体积约 860.71 万 m<sup>3</sup>。滑坡区目前仍住有 50 多户 200 多人, 滑坡的稳定性直接关系到居民生命财产以及公路 S217 省道(长阳县至五峰县)安全以及隔河岩水库的正常运行<sup>[6]</sup>, 因此, 建立滑坡监测系统非常必要。

## 2 监测系统的建立及运行

为探索滑坡灾害监测预警的有效方法, 中国地质调查局宜昌地质调查中心以清江偏山滑坡为例, 于 2008 年 8 月在该滑坡上建立了一套实时监测系统, 同时为了验证实时监测系统的准确性、有效性, 还建立了一套人工定期监测的传统监测系统, 到投稿为止, 2 套

收稿日期: 2010-03-13; 修回日期: 2010-05-10

基金项目: 中国地质大调查项目(1212010814008)

作者简介: 赵信文, 男, 工程师, 硕士研究生, 主要研究方向为工程地质与环境地质。E-mail: zhaoxinwen0413@163.com

监测系统已正常运行 19 个月。

根据偏山滑坡环境地质条件分析,结合滑坡勘察结果,滑坡分为 3 个子滑坡,分别为 I、II、III 号滑坡,其中 I、II 号变形较明显,而 III 号滑坡未发现变形迹象,因此本次监测系统建在 I、II 号上,在两个子滑坡上采取实时监测系统与传统监测系统相结合对滑坡进行监测。其中实时监测系统包括一体化雨量站 + 本地无线网络中心、无线一体化位移计、无线一体水位计;传统监测系统包括大地变形监测(GPS)、深部位移监测(测斜仪)<sup>[7-8]</sup>。

## 2.1 实时监测系统

实时监测系统就是利用传感器和仪器设备检测信号,采用有线电缆、无线传感器网络(WSN)技术、GPRS 通信技术进行数据传输,将数据采集终端设备按互联网 Internet 的标准方式无线接入在互联网上的数据服务器,进行数据交换、处理。基于有线电缆、无线传感器技术、GPRS 通信技术建立的滑坡灾害实时监测系统依托 GSM 公众网络和 Internet 网络,实现了滑坡灾害监测数据的无线传输、互联网共享和预警<sup>[9-10]</sup>(见图 1),并全天 24 h 监测滑坡灾害动态变化,从根本上解决了传统人工定期到现场采集数据的弊端,大大提高了监测数据的利用率,为政府部门监测预警及科研人员研究提供了很好平台。

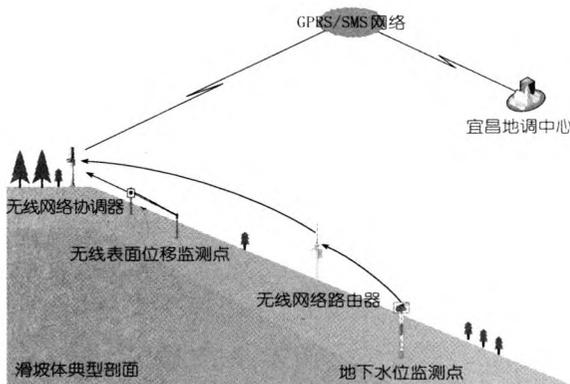


图 1 实时监测系统结构示意图

具体布置情况见图 2,实时监测系统设备分布在 I、II 号滑坡上,1 台一体化雨量站 + 本地无线网络中心,布置在 II 号滑坡后缘;共 3 台无线一体化位移计,分别布置在 I 号滑坡前缘 103、102、II 号滑坡后缘 101(裂缝大的地方);2 套无线一体水位计,分别布置在 I 号滑坡前缘 Zk2 钻孔、II 号滑坡中部 Zk5 钻孔。

## 2.2 人工定期监测系统

偏山滑坡人工定期监测系统主要采用大地位移监测(GPS 监测)及深部位移监测(测斜仪监测),监测系统主要选择在与滑坡主滑方向一致的剖面上,布置两

条剖面(见图 2)。其中 A - A'剖面上 GPS 监测墩 4 个,分别为 B01、J01、J02、J06,测斜孔 2 个,分别为 Zk1、Zk2;B - B'剖面上 GPS 监测墩 4 个,分别为 B02、J03、J04、J05,测斜孔 3 个,分别为 Zk3、Zk4、Zk6。

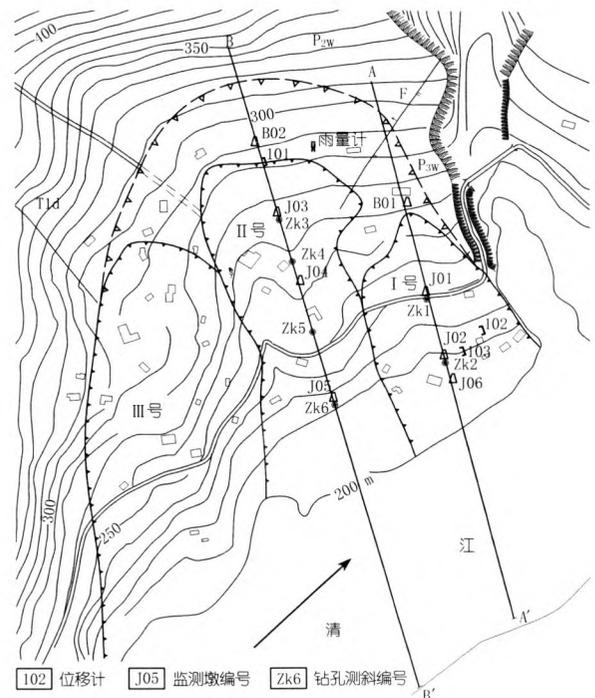


图 2 偏山滑坡及监测平面布置

## 3 监测结果分析

### 3.1 人工定期监测结果分析

根据监测结果分析(见表 1、2,图 3、4),I 号滑坡监测剖面 A - A'最大水平位移为 12 mm,位于滑坡前缘 J06 处,最大深部位移为 4.5 mm,变形深度为 10 m,位于滑坡前缘 Zk2 处,从监测结果看地表位移与深部位移最大值于同一位置,而地表位移大于深部位移,说明滑坡前缘变形受牵引力作用;II 号滑坡监测剖面 B - B'最大水平位移为 8 mm,位于滑坡前缘 J05 处,最大深部位移为 6 mm,变形深度为 5.5 m,位于滑坡前缘 Zk6 处。与 I 号滑坡一样,监测位移最大值处于同一位置,均位于滑坡前缘,同样深部位移小于地表位移,受滑坡前缘牵引作用。

表 1 地表位移监测结果 mm

滑坡编号	监测点号	$\Delta S$	$\Delta H$
A - A'	J01	4.6	2.0
	J02	4.0	3.5
	J06	12.2	5.0
B - B'	J03	1.1	1.0
	J04	6.1	4.0
	J05	8.2	5.5

表 2 深部位移监测结果

滑坡编号	测孔编号	位移深度/m	位移值/mm
A - A'	Zk1	4.0	3.0
	Zk2	10.0	4.5
B - B'	Zk3	6.5	2.5
	Zk4	12.0	2.0
	Zk6	5.5	6.0

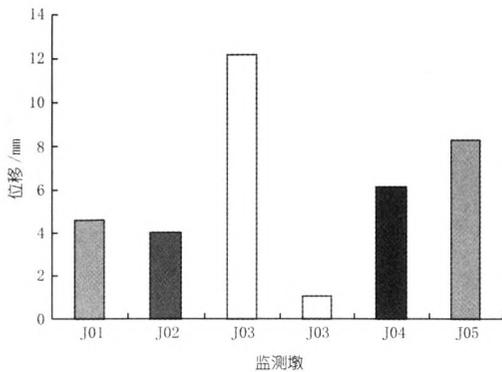


图 3 地表位移 (GPS) 监测结果

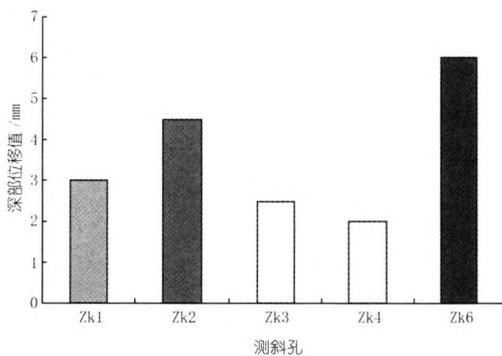


图 4 深部位移监测结果

### 3.2 实时监测结果分析

本次实时监测系统监测结果是利用 GPRS 和 Internet 技术直接传入网络服务器,通过电脑自动提取数据处理,得出结果,并生成相应的图件,在互联网上直接打印即可,同时设置报警阈值,实现自动报警。偏山滑坡实时监测系统结果见图 5、6、7。雨量计监测结果显示,滑坡区降雨量主要集中在 5~8 月,最大单月降雨量达 180 mm,这与鄂西南降雨特点一致;无线位移计监测结果显示,滑坡最大裂缝位移为 13 mm,位于 I 号滑坡前缘 103 号位移计处,其次为 102 号位移计处,位移为 12 mm,这与传统定期人工监测结果一致。滑坡地下水位监测结果分析,201 号水位计位于 I 号滑坡前缘 Zk2 处,钻孔水位与隔河岩水库水位一致,随水库水位变化而变化,最高水位为 213 m,202 号水位计位于 II 号滑坡中部 Zk5 处,水位变化主要受控于地下水的影响,受降雨的影响不大,因此水位线是位于

220 m 的一条直线。

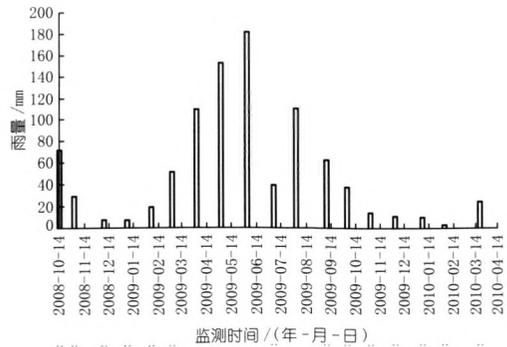


图 5 滑坡雨量监测结果

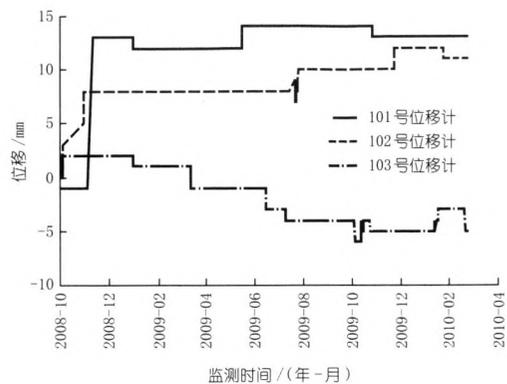


图 6 滑坡位移监测结果

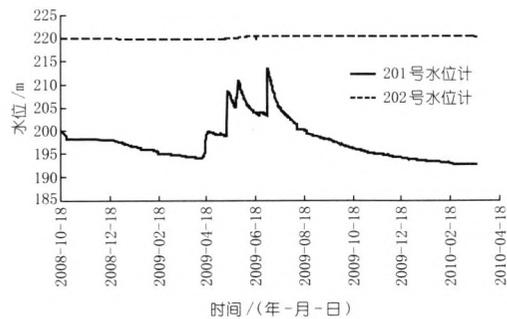


图 7 滑坡地下水位监测结果

从 2 套监测系统的监测情况看,监测结果一致。目前该滑坡整体处于基本稳定状态, I 号滑坡前缘局部变形较大,属于临江库岸影响,不会造成整体失稳而滑坡,这与滑坡勘察结果一致。

### 4 实时监测系统的有效性及其可行性

通过对偏山滑坡 2 套监测系统监测资料分析比较,监测结果均与滑坡勘察结果一致,在数据的可信度上不用怀疑,在以后的滑坡监测中,还可以将大地位移监测(GPS 监测)及深部位移(测斜仪)纳入实时监测系统中来,以全面实现滑坡实时监测,更加准确地反映滑坡灾害动向,保证信息可靠。

从偏山滑坡的实时监测系统试验结果看,该滑坡监测做到了真正的实时监测,在办公室电脑上便可实时观测滑坡体的各种监测数据,为该滑坡体及时、准确的预警预报提供了可靠依据。这次试点的成功,标志着滑坡灾害实时监测技术已趋成熟,结果可靠,完全可以全面推广应用,为以后的滑坡灾害监测预警提供可靠的技术保障。

## 5 结论与建议

以清江隔河岩库区偏山滑坡为例,建立了滑坡实时监测系统,并结合传统的人工定期监测系统和滑坡勘察结果进行分析比较,结果完全一致,充分证实了实时监测系统数据的可靠性。同时监测系统运行 19 个月以来,运行正常,未出现运行故障,在技术上已成熟,完全可以加以推广,对今后的滑坡灾害监测提供了可靠技术保障。

偏山滑坡实时监测系统试点的成功,为今后滑坡灾害全天 24 h 实时监测预警提供了有效的技术保障,真正实现了实时监测,在室内就完全可以对滑坡灾害进行全面监测预警。

建议在经济条件允许条件下,将大地位移监测(GPS 监测)及深部位移监测(测斜仪监测)等监测设备纳入实时监测系统,做到全方位对滑坡灾害进行监测,使监测数据更准确、更全面,为滑坡灾害监测预警

提供及时、准确的信息保障。

建议将实时监测系统推广到地质灾害监测、地震灾害监测等其他领域,为人类生产生活提供安全的环境保障。

### 参考文献:

- [1] 王尚庆. 长江三峡滑坡监测预报[M]. 北京:地质出版社,1998.
- [2] 林水通. 滑坡灾害监测方法综述[J]. 山地学报,2006,5(2).
- [3] 周平根. 滑坡监测的指标体系与技术方法[J]. 地质力学学报,2004,10(1).
- [4] 曹修定,阮俊,展建设,等. 滑坡的远程实时监测控制与数据传输[J]. 中国地质灾害与防治学报,2002,13(1):61-65.
- [5] 张洁,胡光道,罗宁波. INSAR 技术在滑坡监测中的应用研究[J]. 工程地球物理学报,2004,1(2).
- [6] 赵信文,金维群,彭柯,等. 清江中游隔河岩库区偏山滑坡形成机制及稳定性分析[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2009,39(5):874-881.
- [7] 吴北平,李征航,徐绍铨. GPS 定位技术在三峡库区崩滑地质灾害监测中的试验分析[J]. 地球科学—中国地质大学学报,2001,26(6):648-652.
- [8] 徐绍铨,程温鸣,黄学斌,等. GPS 用于三峡库区滑坡监测的研究[J]. 水利学报,2001,1(1):114-118.
- [9] 陈明金,欧阳祖熙,师洁珊. 基于 GPRS 技术的地质灾害无线遥测系统[J]. 自然灾害学报,2004,13(3).
- [10] 康东玲,史启敏. 基于“3S”技术的滑坡泥石流监测新技术[J]. 湖北地矿,2002,16(4):60-63.

(编辑:赵凤超)

## Real-time monitoring system of Pianshan landslide in Geheyan Reservoir area

ZHAO Xinwen<sup>1,2</sup>, PENG Ke<sup>1</sup>, XIAO Shangbin<sup>2</sup>, LI Yiyong<sup>1</sup>, WANG Ningtao<sup>1</sup>

(1. Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan 430223, China; 2. College of Civil and Hydropower Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

**Abstract:** Landslide monitoring is necessary to fully control phase characteristics of landslide deformation, destruction process and disaster forecasting, which can help to prevent landslides effectively and reduce the loss caused by landslide disaster. However, traditional manual monitoring can not capture the dynamic real-time changes of landslide timely. We take Pianshan landslide in Geheyan reservoir area as example and set up a real-time monitoring system. It realizes wireless transmission, internet sharing and early warning of landslide monitoring data through wireless data transmission and wireless access to Internet. Meanwhile, real-time monitoring results are consistent with those of artificial regular monitoring and landslide investigation, which is proved effectiveness in application.

**Key words:** landslide; landslide monitoring; real-time monitoring system; Geheyan Reservoir area