

自动化远程监测在巫山县水泥厂滑坡中的应用

刘广宁^{1,2}, 陈立德¹, 黄波林¹, 邵长生^{1,2}

(1. 中国地质调查局武汉地质调查中心, 武汉 430205; 2. 中国地质大学(武汉)环境学院, 武汉 430074)

摘要: 运用无线位移计对滑坡进行自动化远程监测, 掌握滑坡变形状况。监测数据分析表明, 滑坡位移整体上匀速增大, 个别时间段滑坡变形呈加速状态; 降雨条件下位移突变均同步或滞后于强降雨; 滑坡仍处于变形阶段, 但趋势有所减缓。

关键词: 滑坡; 位移; 强降雨; 变形趋势

中图分类号: P642.22 **文献标识码:** A

1 前言

监测是滑坡预测预报的重要手段之一, 尤其是在滑坡频发的三峡库区^[1~4]。2008年9月28日零时, 三峡库区开始试验性蓄水, 至11月4日坝前水位达到172.3 m。11月27日, 本项目组在三峡库区巫峡段库岸巡查中发现水泥厂滑坡地表变形强烈, 27日夜, 该处即发生滑动, 且在滑坡前缘发生塌岸。为了监测该滑坡的变形发展趋势, 预测预报滑坡的发生, 保障航道安全, 本项目组随即组织人员在滑坡体上布设雨量计、无线位移计进行降雨量、地表位移监测。通过对水泥厂滑坡的长期监测、监测数据的分析, 可以定量分析和描述滑坡的运动状态, 对三峡库区其他类似滑坡的研究具有重要的借鉴意义, 同时该监测方法值得在三峡库区其他滑坡监测中推广应用。

2 水泥厂滑坡概况

水泥厂滑坡位于长江左岸巫山县两坪乡望霞村, 上距巫山县城11 km, 下距青石3.5 km(图1)。发育在长江中山峡谷地貌区, 坡顶为猴子包危岩体, 高程558.0 m, 滑坡南北两侧受地形控制, 南侧呈凸形, 纵长360 m, 横宽300 m, 前缘位于175 m水位

以下, 后缘最高点高程约400 m, 高差265 m。平面形态呈双驼峰反“W”状, 整体向南西倾斜, 总面积约 $10.8 \times 10^4 \text{ m}^2$, 平均厚度按30 m估算, 总方量达 $324 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。根据地表调查, 滑坡周界情况为: 斜坡地表地形起伏大, 后缘以坡度 40° 以上的陡坡、陡崖为界, 中前部坡度 20° 左右, 北侧边界受走向 260° 的基岩山脊控制, 斜坡上部出露粉砂岩, 易风化, 以下地表覆盖残坡积碎石土, 厚度5 m左右。滑坡体后缘猴子包危岩体, 出露二叠系栖霞组(P_2q)灰岩、瘤状灰岩; 泥盆系云台观组(D_2y)白云岩、石英砂岩, 历史发生崩塌, 滑体中部为崩积物, 滑坡前缘局部可见志留系纱帽组(S_2s)砂岩、泥质粉砂岩出露, 风化强烈, 呈碎屑状(图2)。



图1 水泥厂滑坡全貌

Fig. 1 Full view of the cement plant landslide

收稿日期: 2011-04-21 改回日期: 2011-07-25
基金项目: 中国地质调查局灾害预警项目(1212011014027)

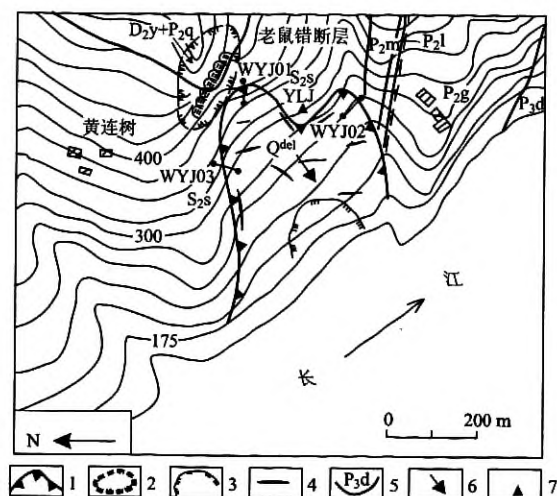


图2 水泥厂滑坡工程地质图和监测点布置图

Fig. 2 Engineering geology and monitoring points for the landslide

1. 滑坡边界; 2. 危岩发育区; 3. 塌岸; 4. 地裂缝; 5. 地质界线、地层代号; 6. 滑坡滑动方向; 7. 监测点

区域构造上位于横石溪背斜核部, 老鼠错断层上盘, 滑坡后缘上方猴子包危岩体, 节理、裂隙极其发育, 岩体破碎, 主要以走向 $100^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 和走向 $65^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 两组构成, 与岩层共同切割岩体, 危岩体呈潜在不稳定状态, 若发生崩塌, 将进一步增大滑坡体荷载。

水泥厂滑坡为碎块石土质滑坡, 后缘滑带土为碎石角砾土, 软塑-流塑状。物质组成从分布上可分为两部分: 北侧主要为崩塌积碎、块石土, 结构较密实, 江边附近泥质含量增多, 系崩塌、残坡积混杂堆积; 南侧多为崩积块石堆积物, 松散, 局部架空, 滑坡前缘可见直径大于 5 m 的大块石。滑床基岩为粉砂岩、泥质粉砂岩。力学强度较低, 受节理裂隙切割, 岩体破碎, 多呈强风化状, 强透水性。岩层倾向北东, 倾角 20° , 为横向坡。基岩面呈上陡下缓的凹形, 坡度上部 30° , 下部 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$, 不利于地下水的排泄。此外, 基岩与上覆土层接触面处节理裂隙发育, 岩体破碎, 易形成滞水, 有利于滑坡的形成。

3 滑坡的监测

3.1 监测仪器和方法原理

监测仪器及原理: 水泥厂滑坡监测应用北京微玛特科技有限公司设计、开发的无线位移计 (SMARTDATA-3000E1) 和无线雨量计 (SMARTDATA-3000C) 进行实时监测 (图 3、图 4)。无线位移计采用机电一体式结构, 利用旋转的磁钢驱动干

簧产生位移脉冲, 并对位移脉冲进行加减计数, 采用 32 位高性能微处理器和最新的无线网络技术, 将测量的数据用无线方式传输。量程 $-3\,000\text{ mm} \sim 3\,000\text{ mm}$, 精度 1 mm。

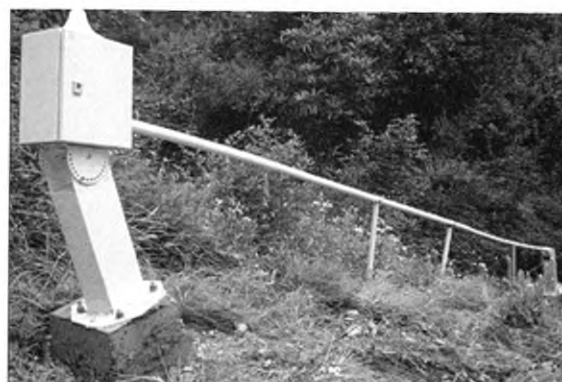


图3 无线位移计

Fig. 3 Wireless displacement gauge



图4 现场雨量计安装

Fig. 4 Mounting the rainfall recorder

监测方法^[5~8]: 针对水泥厂滑坡的地形地貌、滑动变形特征、变形趋势, 采用地表位移、雨量联合实时监测, 首先建立一套完整的监测预警系统 (图 5), 系统由武汉地质调查中心项目组、远程通讯网络 (GSM/GPRS 通讯)、滑坡体无线传感器网络三部分组成。该系统优化了传统的位移监测法, 优势明显: 野外监测设备全采用自动化采集及无线传输方式 (北斗卫星、移动网络); 野外监测设备全部采用

太阳能/蓄电池供电(无日照情况下,设备可以坚持工作 45 d);野外监测设备全采用严格防雷体系;野外设备均高度集成化,安装简易快速;数据监测仪器采集实时性强、精度高;平台信息预警发布及时、交互性强。自安装完成后,无需工作人员亲临现场采集数据,大大节约了人力物力,其次运用位移计和雨量计联合实时监测,能够及时地反映岩土体变形破坏特征,同时反映出降雨对滑坡变形的影响程度,迅速获得滑坡体的特征变量、数据资料,且监测工作贯穿滑坡变形的全过程。

3.2 监测点布置

2008年12月中旬,分别在滑坡后缘、侧缘变形迹象最为明显的区域安装三台无线位移计 WYJ01、WYJ02、WYJ03 及一台无线雨量计 YLJ(参见图 3、图 4)。将微处理器数据采集站固定在后缘上方稳固的基岩上(钢筋混凝土浇筑基座)保证其为固定端,移动站则安装在滑坡体上(钢筋混凝土浇筑基座)保证其与滑坡体相对静止状态,两站由特制细钢丝(消除因温度变化引起的变形)连接,钢丝随滑坡体的变形异动而伸缩,微处理器数据采集站将即时读取数据并由无线网络协调器进行传输。无线雨量计安装在稳定的向西突出稳固的基岩山嘴上,有利于两台位移计信号的传导和数据的发送、接收。

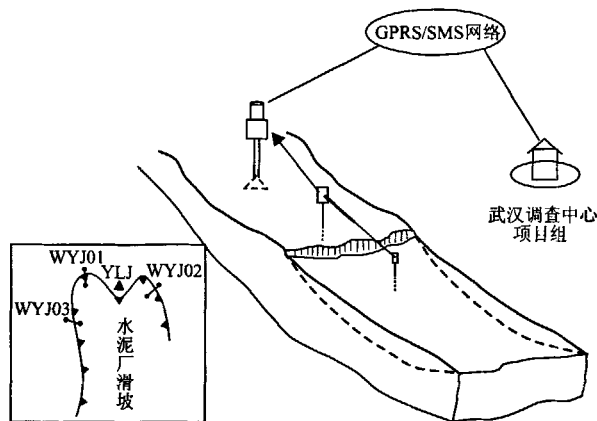


图 5 水泥厂滑坡监测点布置及系统构架示意图

Fig. 5 The monitoring system architecture diagram of Cement plant landslide

3.3 监测成果及数据分析

自 2008 年 12 月份至今取得了连续的监测数据(图 6),为掌握滑坡体变形状况,进行即时预警保障航道安全提供了重要的依据。通过雨量计数据分析:因受到地形、地貌因素影响,该滑坡所处位置区域性气候明显,降雨并无显著规律(图 6(d))。通过水泥厂滑坡 3 个位移监测点数据分析:滑坡整体变

形活跃。其中侧缘监测点 WYJ03 变形量最大,变形累计位移达 1 430 mm,位移呈匀速逐步增大趋势,表现为拉张,但在监测期间个别时间段变形加速,以 2009 年 12 月下旬~2010 年 1 月上旬,2010 年 7 月中旬~2010 年 8 月上旬最为显著,监测曲线陡然上扬(图 6(c));后缘监测点 WYJ01 变形累计位移达 820 mm,总体位移呈匀速逐步增大趋势,表现为拉张,同样在监测期间个别时间段变形加速,其中 2009 年 6 月中旬~2009 年 7 月上旬,2009 年 12 月下旬~2010 年 1 月上旬最为显著,监测曲线陡然上扬(图 6(a));侧缘 WYJ02 累计位移达 408 mm,总体表现为位移匀速逐渐增大趋势,同样在监测期间个别时间段变形加速,其中 2009 年 10 月下旬~2010 年 1 月上旬为变形加速尤为显著阶段,监测曲线陡然上扬(图 6(b)),但在位移增大的过程中有个位移减小阶段。通过后期调查,其原因为:该时间段滑坡 N 侧区域拉张变形速率大于 S 侧区域变形速率,在库水位及滑坡内力作用下,N 侧区域下滑过程中受阻,向 S 侧边界产生挤压作用,表现为压缩状态,位移减小。该时间段滑坡向 SE 方向旋转滑移(从 2010 年 4 月下旬~2010 年 10 月下旬),其后位移又为匀速增大趋势,监测点 WYJ02 表现为拉张-压缩-拉张。

监测期间经过不间断实地再核查,以更好与监测结果进行对比,调查结果与监测结果能够较好吻合,实地发现滑坡 NW 区域变形最为严重,为滑坡拉裂区,而 S 侧缘也证实了拉张-压缩-拉张过程。

3.4 位移与降雨量关系

水泥厂滑坡体上除局部块石堆积外植被相对发育,滑体表层为结构松散碎块石土,易于接受大气降水,加之滑坡中后部排水较差,雨水多沿滑体裂缝入渗,这不仅增加了滑体自重,又使滑带土体软化,抗滑力减小,进而加剧滑坡变形。从位移和降雨量关系图可以看到(图 7),每当出现降雨密集时段或降雨量出现峰值时,各测点位移均加速增长,出现突变。但是,这种突变均有同步或滞后现象,如监测点 WYJ01、降雨密集区及峰值出现在 2009 年 5 月份,而滑坡加速变形始于 6 月份,位移突变量达 110 mm;监测点 WYJ02 在 2009 年 10 月~2010 年 1 月、2010 年 4 月~10 月表现最为明显,在不间断降雨后位移分别增加 150 mm(拉张)和减小 100 mm(压缩);监测点 WYJ03 同样有雨后位移量骤增现象,如 2009 年 12 月份和 2010 年 7 月份,位移突变量达 200 mm。

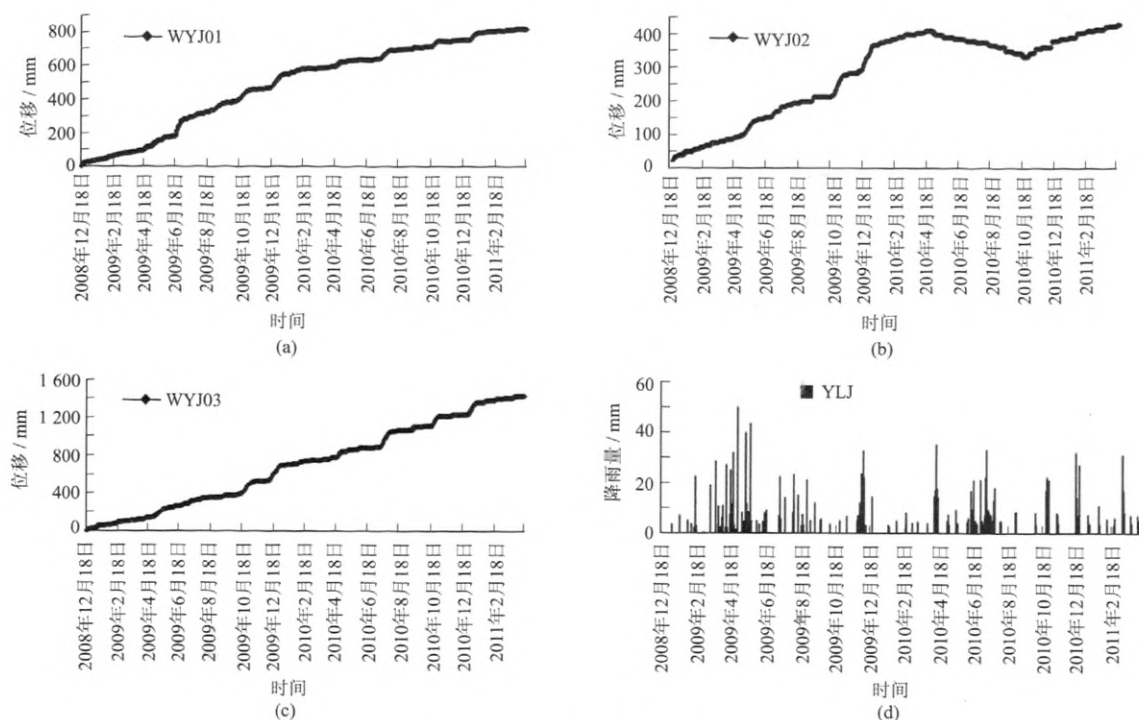


图6 各点位移曲线与降雨量图

Fig. 6 Curves of each monitoring point and precipitation

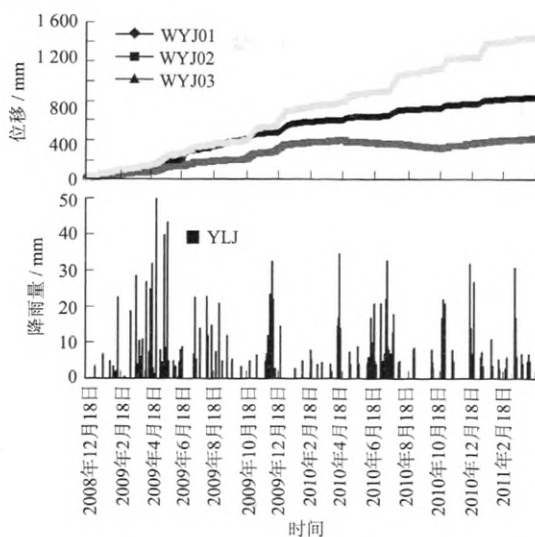


图7 各点位移曲线与降雨量关系图

Fig. 7 Relationship between displacement of each monitoring point and precipitation

4 结论

(1) 目前滑坡仍处于变形阶段,但趋势有所减缓。

(2) 滑坡 N 侧变形最大,且监测点 WYJ01、WYJ03 区域总体表现为拉张,WYJ02 区域为拉张-压缩-拉张。

(3) 降雨频繁时期,滑坡位移呈加速增加趋势,

对于渗透性较好的区域表现为位移和降雨基本同步,对于渗透性差的区域,位移突变将滞后于降雨。

(4) 运用自动化远程监测手段对水泥厂滑坡进行长期监测,取得了较好的效果。该监测方法优点突出,可以应用到今后的滑坡监测预警中去。

参考文献

- [1] Zhang Yeming, Peng Xuanming, Wang Fawu, Huo Zhitao, Huang Bolin. Current status and challenge of landslide monitoring in Three Gorge reservoir area, China[J]. Landslides, 2004;21-25.
- [2] 张华伟,王世梅,等. 白家包滑坡变形监测分析[J]. 人民长江, 2006,37(4):95-98.
- [3] 霍志涛,张业明,金维群,等. 三峡库区滑坡监测中的新技术和新方法[J]. 水文地质与工程地质,2002,23(3):378-381.
- [4] 陈小婷,黄波林. 香溪河流域白家堡滑坡变形监测初步分析[J]. 华南地质与矿产,2004,(3):55-58.
- [5] 伍卫星,莫颖军. 地质滑坡变形监测方法探讨[J]. 地矿测绘, 2009,25(3):34-36.
- [6] 杨秀元,高幼龙. 巫山县向家沟滑坡实时监测分析[J]. 地质灾害与环境保护,2009,20(3):100-103.
- [7] 苏华. 滑坡灾害监测新技术与新方法[J]. 山西建筑,2009,35(30):128-129.
- [8] 高幼龙,张俊义,等. 实时监测技术在地质灾害防治中的应用——以巫山县地质灾害实时监测预警示范站为例[A]. 地质灾害调查与监测技术方法论文集[C]. 2005,(6):121-128.

APPLYING AUTOMATED REMOTE MONITORING IN STUDYING THE LANDSLIDE AT THE WUSHAN CEMENT PLANT

Liu Guang-ning^{1,2}, Chen Li-de¹, Huang Bo-lin¹, Shao Chang-sheng^{1,2}

(1. Wuhan Centre of China Geological Survey, Wuhan 430205, China;

2. School of Environmental Studies, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Wireless displacement gauge was used to monitor the landslide to clarify its deformation. The analysis of the data obtained shows that the displacement was increasing at an even pace generally and was accelerated sometimes. Displacement mutations occurred synchronically or after heavy rainfalls. At present the landslide is still in the stage of deformation, but its pace slowed down.

Key words: landslide; displacement; heavy rains; deformation trend

作者简介: 刘广宁(1980—),男,工程师,硕士,主要从事环境地质灾害研究。

(上接第 29 页)

FORMATION MECHANISM AND STABILITY OF A FILLED ROADBED LANDSLIDE ON NATIONAL HIGHWAY 317

Bing Guo-lin, Shen Jun-hui, Liu Yi

(State Key Laboratory of Geo-hazards and Geological Environment Protection,
Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The filled roadbed is studied in terms of its structural, deformational and geological conditions, with the discovery of its circular deformation. The quantitative and qualitative analyses indicate that it is potentially unstable under natural conditions and will be destabilized as a rainstorm or earthquake occurs, or the water in the reservoir reaches the normal level. It is proposed that the landslide be treated with steel-pipe piles.

Key words: filled roadbed; landslide; formation mechanism; stability; National Highway 317

作者简介: 郇国林(1985—),女,山东省冠县人,汉族,在读硕士,地质工程专业,主要从事地质灾害评价及岩土体稳定性研究。