

# 三峡库区生基包滑坡监测及成果分析

赵 重, 李长明, 李厚芝

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

**摘 要:**生基包滑坡监测属于三峡库区奉节县三期地质灾害监测预警项目之一,该滑坡位于长江左岸,临近人口稠密的安坪乡集镇,地理位置重要。三峡水库 175 m 蓄水后,其变形破坏特征有何表现?对航道安全运营有无潜在威胁?是否会对滑坡体上的重要建筑及村民生产生活构成危害?针对这些问题,首先分析了滑坡的工程地质特征及主要的影响因素;其次,确立以 4 种监测手段为主、人工巡查为辅的监测方案;通过对大地变形 GPS、深部位移、滑坡推力等几种监测方法的运用及对其成果进行分析研究,以实例说明其在滑坡监测中的应用;再次,结合宏观人工巡查进行对照分析,以充分说明大地变形、深部位移和滑坡推力监测在实际运用中的可行性;最后,根据监测结论提出对生基包滑坡防治的建议。

**关键词:**三峡库区;生基包滑坡;成因分析;监测成果;防治建议

**中图分类号:**P642.22 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2008)07-0032-03

**Monitoring Results and Analysis of Shengjibao Landslide in the Three Gorges Reservoir Area/ZHAO Zhong, LI Chang-ming, LI Hou-zhi** (The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

**Abstract:** Landslide of Shengjibao in Fengjie County of the Three Gorges reservoir area was one of the monitoring and early-warning projects with important geographical position. Engineering geological characteristics and main influence factors were analyzed, and four monitoring methods were determined with the application of GPS in the crust deformation, deep displacement, landslide thrust monitoring. The feasibility of these monitoring methods was proved in operation, and at last, suggestions were put forward to control of Shengjibao landslide according to monitoring conclusion.

**Key words:** the Three Gorges reservoir area; Shengjibao landslide; analysis on formation cause; monitoring data; suggestion on control and treatment of landslide

## 1 滑坡概况

### 1.1 地质概况

生基包滑坡又名新铺滑坡,位于奉节县安坪乡新铺村长江右岸,发育于三叠系中统( $T_2b$ )厚层状岩体中,以中风化~强风化泥灰岩、灰岩为主。由生基湾滑坡、下黑槽滑坡、蚂蝗湾滑坡、白庙子滑坡等多个滑坡组成。平面形态呈撮箕状,剖面形态呈阶梯形。滑坡体前缘高程 95 m,后缘高程 390 m,高差 295 m。斜坡坡度约  $20^\circ \sim 40^\circ$ ,前缘、中部相对较缓;滑坡发育 3 级平台,高程分别为 190、250、300 m,滑坡区属低山丘陵剥蚀地貌。覆盖层主要由第四系全新统滑坡堆积层( $Q_4^{del}$ )碎块石土夹粘性土组成;构造上处于故陵向斜南翼,岩层呈单斜构造。滑坡体主滑方向  $350^\circ$ ,滑坡长约 1940 m,宽约 1420 m,滑体平均厚度 21 m,滑坡面积为  $275.6 \times 10^4 \text{ m}^2$ ,体积  $5885 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,属一级特大型土质滑坡。

### 1.2 滑坡成因分析

该滑坡是在特定的自然地质环境条件下经过漫

长复杂的发展演变过程形成的。形成原因主要有以下几个方面:

- (1) 滑坡体土体结构松散,在地下水作用下与下伏基岩接触面形成软弱结构面;
- (2) 前缘受长江水不断冲刷,在河水长期侧蚀作用下形成临空面;
- (3) 三峡水库水位的起落,使得前缘不断被剥蚀淘空,使整个坡体的力学性质降低;
- (4) 岩层倾向与滑体坡向大致相同;
- (5) 后缘斜坡坡角较大,土体较厚,滑坡体土体在自重应力长期作用下发生缓慢而持续的变形,在大气降雨特别是暴雨的诱发作用下,导致斜坡土体后缘突发性拉裂,形成滑坡。

## 2 监测方式的选择及监测成果分析

### 2.1 监测的必要性

三峡水库蓄水后,汛期防洪限制水位为 145 m;非汛期正常水位在 145~175 m 之间变化,最高水位

收稿日期:2008-05-31

作者简介:赵重(1981-),男(汉族),四川南部人,中国地质科学院探矿工艺研究所助理工程师,工程地质专业,从事地质灾害监测工作,四川省成都市郫县成都现代工业港港华路 139 号。

175 m,水位变幅 30 m。水库水位抬高的重要水环境影响是造成库水补给地下水,并使地下水水位上升。在水位大幅度涨落的条件下,岸坡部分岩土体周期性处于疏干和饱水交替的状态,地下水时而受库水补给,时而排出,地下水位也作相应涨落。库水位和地下水位的抬升及周期性涨落,将大大改变岸坡的应力平衡状态,岸坡破坏向后扩展,将对整个滑坡的稳定性产生重大的影响。

蓄水至 175 m 后,将淹没滑坡体前缘,导致前缘土体滑落入江。前部阻碍将不复存在,滑体在水的浸泡下软化,力学性质降低,粘聚力及摩擦系数减小,滑坡体将进一步滑移。因此对该滑坡进行地质

灾害综合监测,并及时采取防治措施,显得尤为重要。

### 2.2 监测点的布设

通过对工程监测预警方案的综合分析,为了保障人民生命财产的安全,减少国家资金的投入,达到防治地质灾害的目的,对该滑坡主滑体及影响区内的居民地段进行监测剖面布置,4 条剖面编号分别为 I、II、III、IV,滑体体内共布置 GPS 监测点 16 个,倾斜孔 8 个,推力孔 8 个,水文孔 8 个,由于水位孔全为自动监测,在这里就不作叙述。同时在滑坡体外稳定岩层上布置 GPS 基准点 2 个。

监测点布置如图 1 所示。

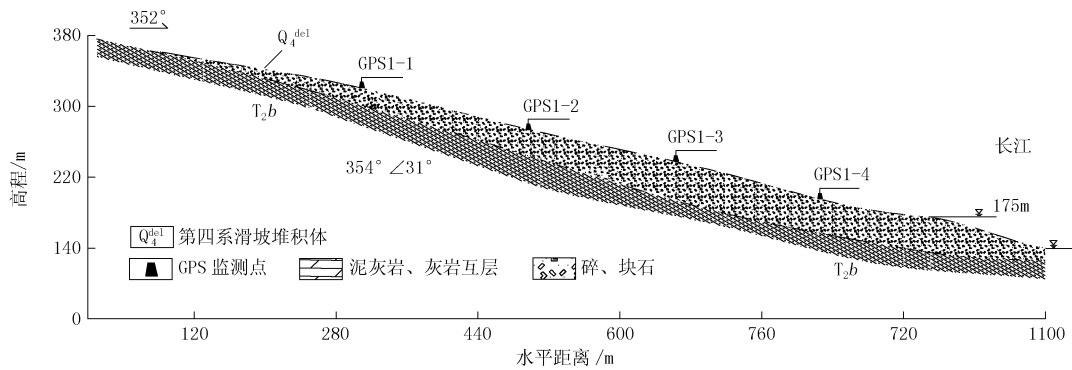


图 1 生基包滑坡 I 号剖面 GPS 监测点布置示意图

### 2.3 监测成果

#### 2.3.1 大地变形监测

采用美国天宝(Trimble)大地型 GPS 信号接收机, GPS 监测每月观测一次,特殊情况下加密监测。GPS 测量精度:5 mm + 1 ppm。数据解算采用 TGO 软件,利用 2 个基准点进行固定解算。观测日期为 2007 年 3 月~2008 年 1 月,地表位移曲线见图 2~4。

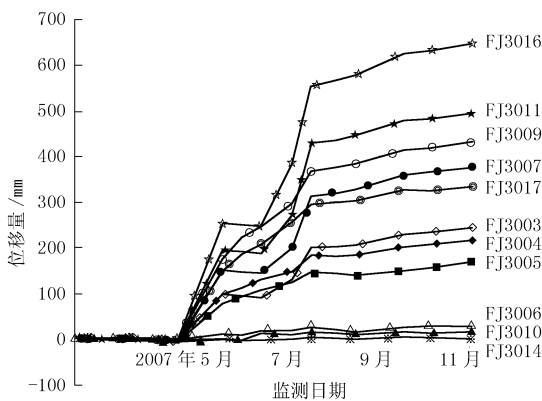


图 2 各测点正北方向位移矢量曲线

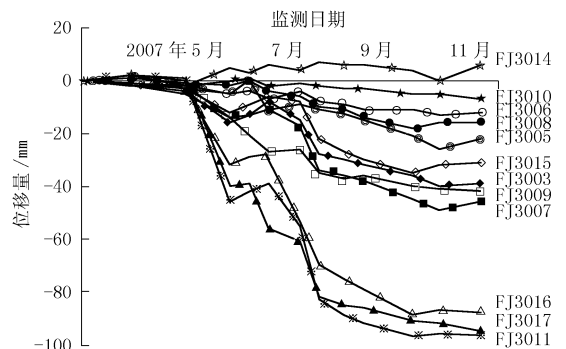


图 3 各测点正东方向位移矢量曲线

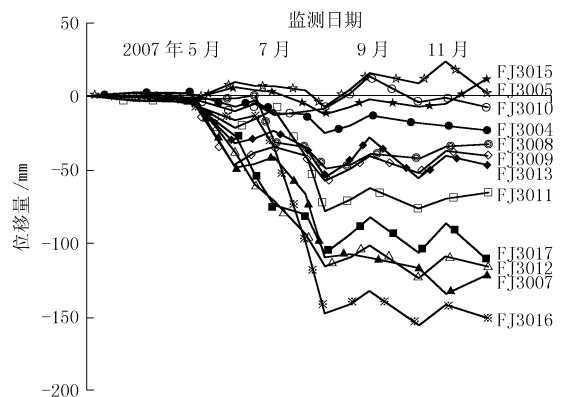


图 4 各测点垂直方向位移矢量曲线

由图中可见:从 2007 年 5 月~2007 年 8 月,除 FJ3006、FJ3010 号点以外,其余大部分监测点都有不同程度的位移,变形量最大的 FJ3016 号测点在 X 方向(近滑向)3 个月内累计变形量达 600 mm, H 方向(垂直位移量)累计变形达 150 mm。

### 2.3.2 钻孔倾斜监测

由于钻孔倾斜监测曲线数据量较大,这里选用一组监测剖面进行分析研究。监测周期为一个月,测量时,将仪器下放至孔底,然后逐次上提,每隔 0.5 m 处停留约 7 s 并记录数据。图 5~8 为生基包滑坡 2008 年 1 月 I 号剖面的钻孔监测成果图,图中横坐标为孔底至孔口累计变形量(单位:cm),纵坐标为钻孔深度(单位:m)。

依据线性回归理论比较分析采集的生基包滑坡 A 向、B 向深部位移量监测数据得知,深部位移量变化线性不稳定。生基包滑坡的深部位移钻孔存在异动,其中 II 号剖面的 sjb2-1、sjb2-3 号钻孔由于变

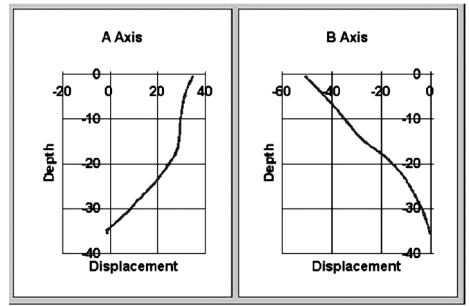


图 8 sjb2-4 号钻孔深部位移图

形量较大而影响正常监测。滑坡体暂时处于潜在不稳定状态。

### 2.3.3 滑坡推力监测

每个钻孔按顺滑向与垂直滑向进行埋设,每个方向 3 个传感器,共计 12 个传感器,光纤通讯,监测周期为 1 个月,雨季加密。由监测结果可以看出,顺主滑方向的 A-F 传感器在雨季出现明显的压力变化,后又趋于稳定。所以,滑坡体在雨季存在压应力的积累,后又出现应力的逐渐释放过程。据此推断:滑坡体在雨季处于潜在不稳定状态。

### 2.3.4 人工巡查监测

采用常规地质调查法,定期对崩滑体出现的宏观变形痕迹(如裂缝发生及发展、地面沉降、下陷、坍塌、膨胀、隆起、建筑物变形等)和与变形有关的异常现象(如地声、地下水异常、动物异常等)进行调查记录。雨季、汛期每 10 天 1 次,非雨季、汛期每月 1 次,特殊情况加密监测。宏观地质调查发现 2007 年雨季(5~8 月)生基包滑坡出现新的变形迹象,滑坡前缘出现新的裂缝和道路错动现象。

## 3 监测成果分析

根据大地变形(GPS)监测、深部位移监测、滑坡推力监测成果,可以看出:在 2007 年 1~4 月监测初期,3 种监测曲线显示整个滑坡体无明显的变形迹象;2007 年 5~8 月,滑坡推力出现持续增大,个别深部位移钻孔出现形变,GPS 监测结果显示滑坡出现缓慢的变形;2007 年 8~12 月,3 种监测曲线趋于稳定。这与人工宏观巡查的结果吻合。

根据区域降水资料,滑坡区处于中纬度亚热带暖湿东南季风气候区,气候温和湿润、雨量充沛、四季分明。多年平均降雨量 1147.19 mm,年最大降雨量 1636.13 mm,月最大降雨量 548.14 mm,降雨集中于 5~9 月,约占全年降雨量的 70%,每年夏季多大雨、暴雨。

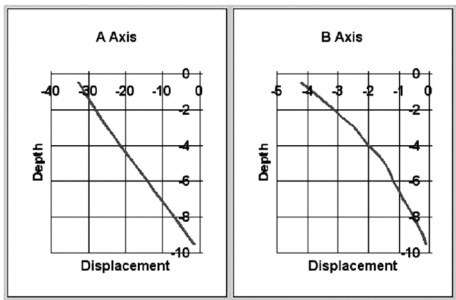


图 5 sjb2-1 号钻孔深部位移图

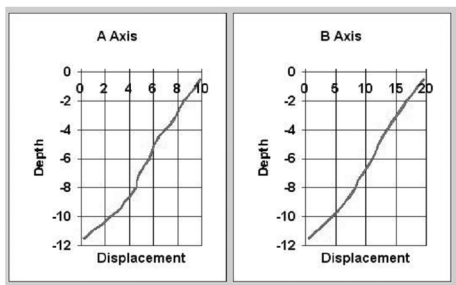


图 6 sjb2-2 号钻孔深部位移图

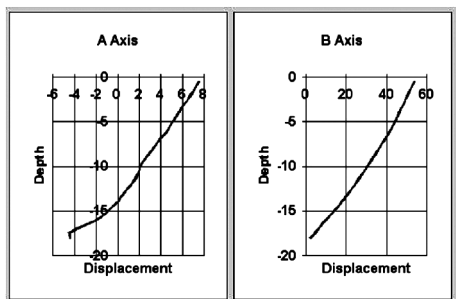


图 7 sjb2-3 号钻孔深部位移图

点稳定性分析。首先根据自由网平差结果,计算两期基准网的点位坐标差(见表 1),获取两期 GPS 点位坐标改正数(见表 2),其次按照式(3)~(6)计算  $\mu, \theta$ ,最后根据式(7)计算统计量  $F$  并进行判断。

表 1 GPS 基准网自由平差成果表

点号	$\Delta X/mm$	$\Delta Y/mm$	点号	$\Delta X/mm$	$\Delta Y/mm$
j1	0.004	-0.002	j5	-0.008	-0.002
j2	0.001	-0.014	j6	-0.004	-0.002
j3	0.003	-0.008	j7	-0.004	-0.005
j4	0.002	-0.006	j8	-0.001	-0.010

表 2 GPS 两期观测的改正数

第一期		第二期	
$V_{x1}$	$V_{y1}$	$V_{x2}$	$V_{y2}$
0.120	0.011	0.200	0.200
0.100	0.020	0.200	-0.800
-0.100	0.000	0.500	-0.800
0.030	0.010	-0.400	0.900
0.100	0.000	-0.500	0.500
0.100	0.023	-0.100	0.500
-0.020	0.014	-0.100	0.600
-0.100	0.000	0.400	-0.800

在本次检验中,计算出  $\mu = 0.3214, \theta = 3.9624 \times 10^{-5}, F = 1.2299 \times 10^{-4}$ 。

(上接第 34 页)

由此推断:生基包滑坡整体处于潜在不稳定状态,在雨季,受降雨影响滑坡易发生蠕滑变形,由于滑坡体前缘坡度较缓,厚度较大,产生急剧变形的可能性不大,但是在雨季,尤其在暴雨情况下应当加强人工巡查,密切留意滑坡体上建筑物的变形情况。从经济及合理性考虑,建议对变形区域内的建筑物进行搬迁避让,以最大限度防止可能的灾害带来的损失和人员伤亡。

而  $F(1 - \alpha, f, f) = 0.312340376, F < F(1 - \alpha, f, f)$ ,所以,可以确定该基准网稳定。

#### 4 结语

在 GPS 变形监测中,无论是垂直位移观测还是水平位移观测,都要求基准点及工作点是稳定不动的,对于周期性重复观测的 GPS 监测网,采用固定基准点进行变形分析是最理想的情况,但基准网的稳定性是一个相对的概念,由于一些因素的影响,基准点发生了位移,前后两期基准发生变化受到周围环境的影响,若不加处理则无疑会导致变形分析结果的失真。因此,对基准点的稳定性评价,是变形观测数据处理时不可忽视的重要内容。

#### 参考文献:

- [1] 詹龙喜,等. 变形监测基准点的稳定性检验[J]. 上海地质, 2004, (2): 34 - 37.
- [2] 周西振. 变形监测网基准点及工作基准的稳定性检验[J]. 北京测绘, 2001, (3): 37 - 39.
- [3] 吴良才,胡振琪. GPS 平面基准点的可靠性分析[J]. 测绘工程, 2003, (3): 39 - 41.
- [4] 黄声享. 监测网的稳定性分析[J]. 测绘信息与工程, 2001, (3): 16 - 18.

#### 参考文献:

- [1] 张倬元,王士天,王兰生. 工程地质分析原理(第二版)[M]. 北京:地质出版社,1994.
- [2] 王运生,孙书勤,李永昭. 地貌学及第四纪地质学简明教程[M]. 成都:四川大学出版社,2008.
- [3] 向贤华,张欣,李传才,等. 三峡库区滑坡成因分析及治理措施综述[J]. 建筑技术开发, 2003, (10).
- [4] 王思敬,马凤山,杜永廉. 水库地区的水岩作用及其地质环境影响[J]. 工程地质学, 1996, 4(3): 1 - 9.
- [5] 胡本涛,季伟峰,等. 三峡库区何家湾滑坡监测及防治措施研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 18(1).