

清江水库茅坪滑坡监测与发展趋势预测

许利凯, 李世海, 朱而千, 魏作安
(中国科学院 力学研究所, 北京 100080)

摘要:茅坪滑坡位于清江隔河岩水库上游北岸,距水库坝址 66km 处。是隔河岩水库库区中最大的基岩古滑坡体,其体积约 $2.35 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。自 1993 年 4 月 10 日水库下闸蓄水以来,该滑坡一直产生缓慢变形。滑坡发生整体失稳,则会截断清江,形成“库中坝”,并造成灾难性的恶果。为此,全面掌握该滑坡的变化发展趋势对今后进行防治决策具有十分重要的意义。掌握滑坡发展变化的关键就是对该滑坡进行现场监测。课题组多次现场踏勘,在原有 8 个地表监测点的基础上增设了 29 个监测点,使其布置更科学、合理;并对该滑坡进行了 1 个水文年的监测工作,获得了大量的第一手资料,认为该滑坡正处于位移加速阶段。通过现场监测,不仅对滑坡体的现状有了新的认识。同时,预测了茅坪滑坡的变化发展趋势,可以为制定该滑坡的防治预案提供参考。

关键词:清江茅坪滑坡;库岸滑坡;位移监测;预测分析;发展趋势

文章编号:1003-8035(2006)01-0009-05

中图分类号:P642.22

文献标识码:A

1 茅坪滑坡概况

1.1 地理位置及基本情况

清江隔河岩水库位于清江下游河段,是清江干流梯级开发中最早的一个梯级。该库容量 34.31 亿 m^3 ,回水长度 91km,水库运行水位 160~200m。原自然河道水域面积不足 10km^2 。当水库水位达到 200m 高程时,水域约为 $78.6 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。隔河岩水利枢纽于 1987 年开工兴建,1988 年开挖大坝基坑并浇筑混凝土。1993 年 4 月 10 日河床坝段浇筑到 165m 高程以上,大坝下闸蓄水,同年 6 月 4 日第一台机组发电,至 1994 年 11 月 26 日 4 台机组全部并网发电。

茅坪滑坡位于清江隔河岩水库上游北岸,距隔河岩坝址 66km,是隔河岩水库中最大的基岩古滑坡。其体积约 $2.35 \times 10^7 \text{ m}^3$,平面上呈长喇叭口形(图 1)。纵向最大长度 1600m,横向最大宽度约 600m。滑体表面坡度除前沿临江较陡外(55°),其余坡度为 15~20°。滑坡后缘最大高程为 570m,剪出口的推测高程为 150~160m。滑体厚度为 5.0~86.33m。滑体内发育着 3 条冲沟。东侧为茅坪东沟,顺白岩陡壁发育,长约 1250m,雨季间歇有水;西侧为茅坪西沟,顺西侧边缘发育,部分为人工开挖沟,长约 1200m,常年有流水,主要为婆娑沟引入的水;中沟位于滑体中部,其后缘在 440m 处与西沟相连,前缘在 300m 处与东沟相连,沟长 800 余 m。水库蓄水前(1991 年),曾对该滑坡进行系统的工程地质勘察,并布置地表及

地下变形、位移监测网监测。水库 1993 年 4 月蓄水后,监测结果表明,滑坡体一直产生缓慢变形,至 2003 年 10 月最大累计位移已达 2610mm。如果该滑坡发生整体失稳,不仅会截断清江,形成“库中坝”,而且会造成灾难性的恶果。因此,全面掌握该滑坡的变化发展趋势对今后防治工作具有十分重要的意义。

1.2 茅坪滑坡地质条件

经工程地质勘察揭示^[1],滑坡所处的边坡为顺层顺坡结构,岩层的倾角为 15~20°(图 2)。滑坡体的地层分布自上而下主要为:

1.2.1 灰色碎土偶夹灰岩块石的冲积物(Q^{al})及崩积物(Q^{col}),为滑体的主要组成部分,厚度为 20~40m。其原岩成分为泥盆系上统写经寺组(D_3x)页岩、砂岩等。

1.2.2 泥盆系上统黄家磴组(D_3h)石英砂岩夹页岩,厚度 5~15m。位于灰色碎土之下,,为滑带的主要组成部分。滑体下部地段缺失。

1.2.3 泥盆系中统云台观组(D_2y)石英砂岩夹页岩,层状结构,厚度为 20~40m,地层倾角为 15.0~20.0°。滑体前缘的滑床即为该层。

收稿日期:2005-05-16;修回日期:2005-08-22

基金项目:国家“973”项目(2002CB412703)和中国科学院知识创新项目(KJ CX2-SW-L1)资助

作者简介:许利凯(1982—),男,河北石家庄人,主要从事滑坡灾害测试与研究。

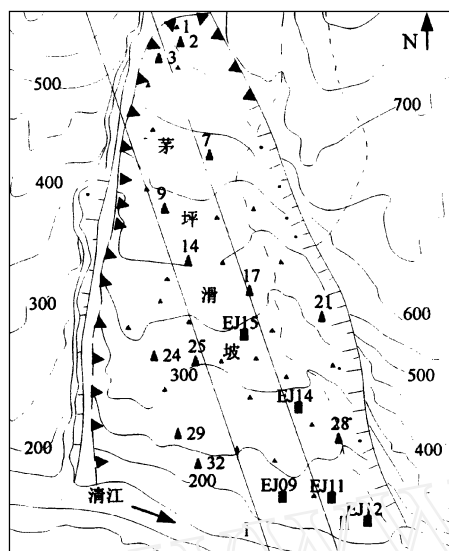


图1 茅坪滑坡地表位移监测点布置图

Fig. 1 The map of the Maoping landslide and the monitoring network

- 1- 滑坡边界; 2- 陡坎; 3- 地质剖面线;
4- 原地表位移监测点; 5- 新增地表位移监测点

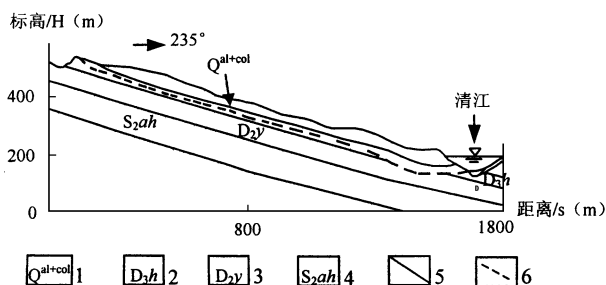


图2 茅坪滑坡地质剖面图

Fig. 2 Schematic cross section of the Maoping landslide

- 1- 冲积物、崩积物; 2- 泥盆系上统黄家磴组; 3- 泥盆系中统云台观组; 4- 志留系中统砂帽组; 5- 地层分界线;
6- 滑体的滑面

2 茅坪滑坡滑移监测及结果分析

2.1 茅坪滑坡监测方法及控制网确定

对该滑坡进行现场监测是较为有效的预防措施,以掌握其滑动规律,可为今后的整治提供基础资料。

现场监测利用全站仪(宾得 R-122 型)实现。通过仪器测量,可获得水平角、垂直角及斜距,由此计算出两点间水平距离;再通过水平角与水平距离即可求出某点的水平坐标,利用这些测量数据可确定出被测

点的三维坐标值(x, y, z)。

考虑到现场采用大地坐标基准点较为困难,故采用局部坐标系。即先在滑坡区域外一定范围内布置平面及高程控制点(不动点)。之后,观测滑坡上各监测点与这些控制点的相对位置变化情况。将每次测得各监测点的三维坐标加以比较,求出各监测点的位移量(即是相对位移)。

2.2 监测点布置

为了全面地获得茅坪滑坡的位移变化情况,项目组按照有关滑坡监测规程规范的技术要求,在原有 8 个监测点的基础上增加 29 个监测点,使监测点达到 37 个。各点之间平均间距为 150.0m,能反映出滑坡体表面的位移变化情况。

茅坪滑坡原有监测点及加密后的监测点的分布情况见图 1。图中 EJ8、EJ9、EJ10、EJ11、EJ12、EJ13、EJ14、EJ15 为原监测点。其它 29 个点为增加的监测点。

宾得 R-122 型全站仪的各项精度指标为:测距误差 $2 + 2\text{ppm}$;水平角一测回中误差 1";垂直角一测回中误差 1.7"。

2.3 茅坪滑坡监测结果

清江茅坪滑坡监测工作从 2003 年 11 月开始,至 2004 年 11 月结束,监测时间为 1 个水文年。期间,由专业人员定期监测,共进行了 8 次测量。每次测量后,均以第 1 次测量的结果为基础,计算出各次测量结果。第 4 次测量的各点位移矢量见图 3(a);第 7 次测量的各点位移矢量见图 3(b)。

2.4 监测结果分析

经过 1 个水文年的 8 次观测,获得了上千个滑坡体上监测点的位移数据。由于监测点的布设密度较大,且均匀、合理。为此,其结果能真实地反映滑坡体表面的变化及位移发展趋势。可为研究该滑坡的稳定性、防止滑坡产生突发性灾害事故提供可靠依据。

2.4.1 滑坡体最新变形规律

图 4~7 为滑体中、下两个部位的代表性监测点(IM20 点、IM33 点)沿 SN 方向及 EW 方向的位移变化情况;图 8 为所有监测点沿 SN 方向(即与山坡同向,沿滑坡方向)的位移变化情况。

2.4.1.1 各监测点的位移方向与滑坡纵向轴线方向并非一致。而呈偏西方向。根据茅坪的地质地貌条件分析,由于滑体西侧为婆娑沟,滑坡体存在临空。而滑体东侧为白岩山体。它阻挡滑了体朝东移动。

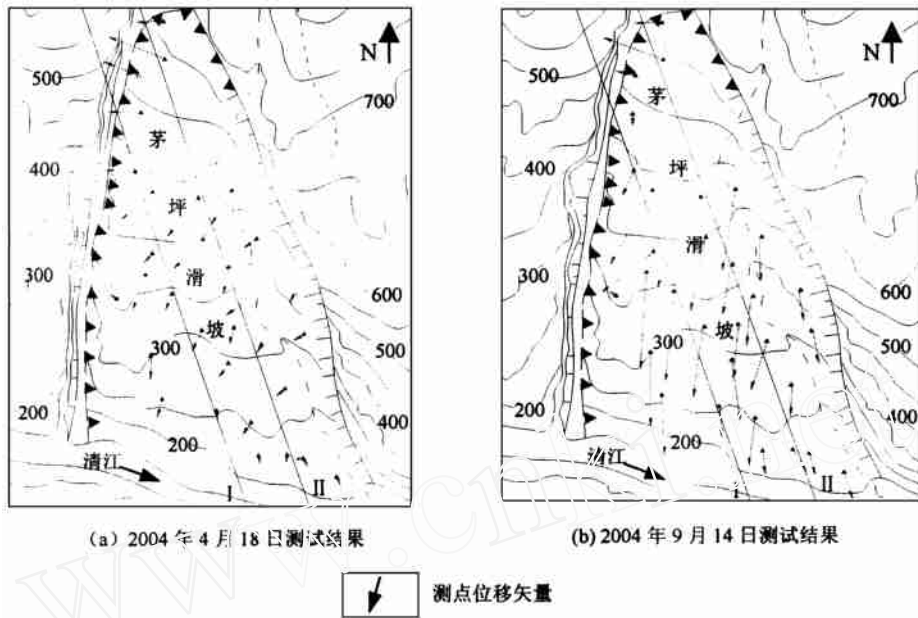


图 3 不同时间各监测点位移矢量图

Fig.3 Movement vector graph of monitoring points at different time

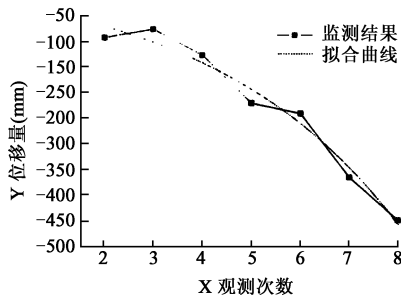


图 4 监测点 IM20 沿南北方向上位移变化轨迹

Fig.4 Displacement of monitoring point No. IM20 in the direction of north to south

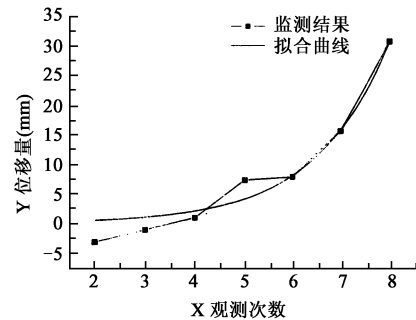


图 5 监测点 IM20 在东西方向上位移变化轨迹

Fig.5 Displacement of monitoring point No. IM20 in the direction of east to west

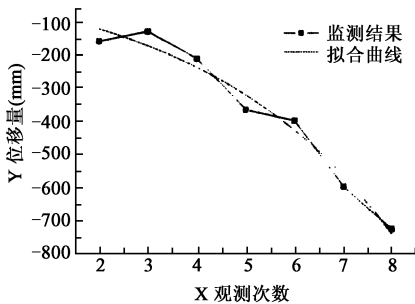


图 6 监测点 IM33 在南北方向上位移变化轨迹

Fig.6 Displacement of monitoring point No. IM33 in the direction of north to south

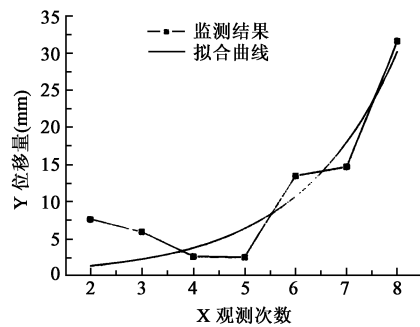


图 7 监测 IM33 在东西方向上位移变化轨迹

Fig.7 Displacement of monitoring point No. IM20 in the direction of east to west

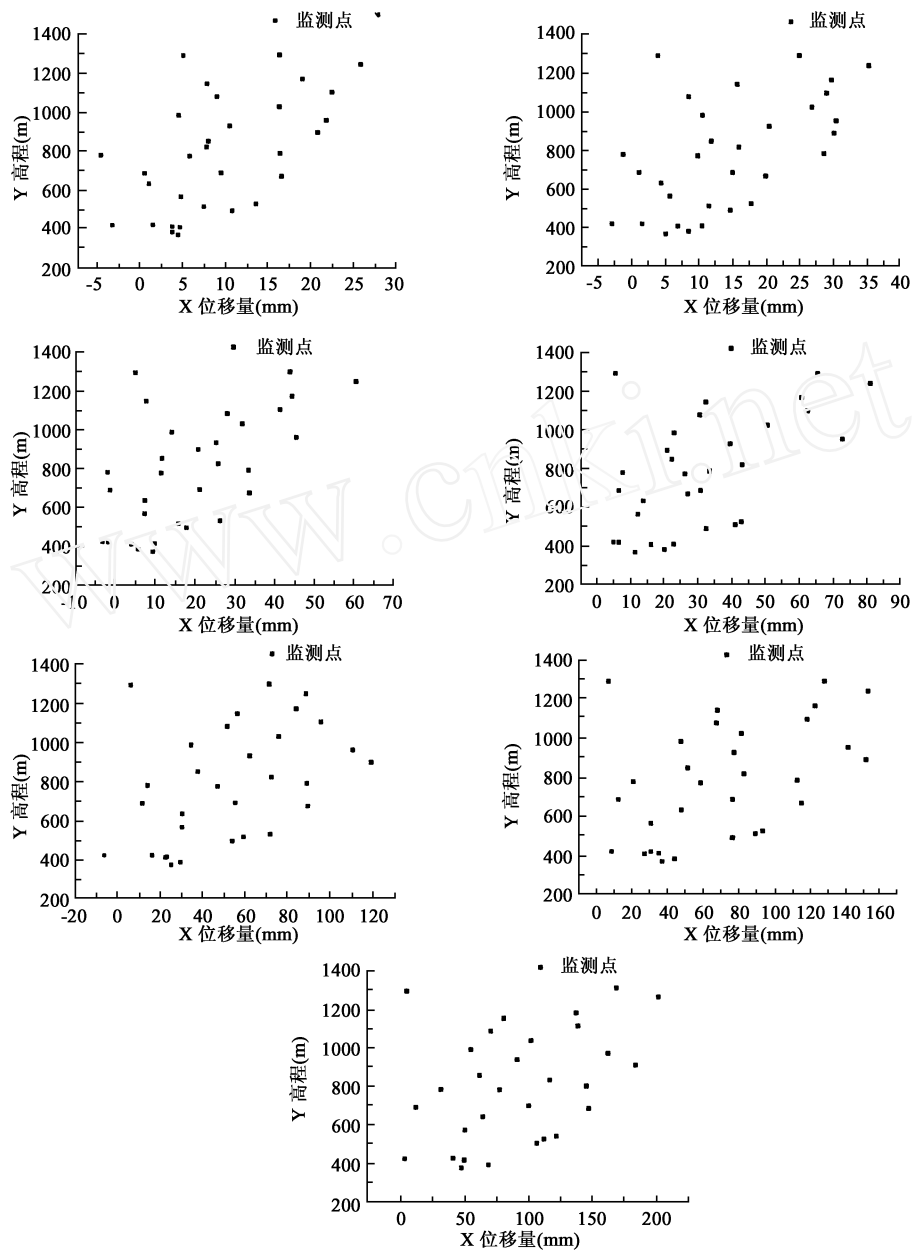


图8 各监测点沿南北方向的位移量

Fig.8 Displacement of monitoring points in the direction of north to south

这种地质地貌特征是影响现阶段滑移方向的重要原因。

2.4.1.2 从图8看出,滑坡体上部位移量很小(IM1~IM6点);中部(偏上)位移最大(IM7~IM11点及IM13~IM14点);中部(偏下)位移量次之;接近江边(为临江基岩平台)监测点的位移量变小(IM33~IM37点)。为此,基本可以认为滑坡体的主滑段应该在滑坡体的中上部。

2.4.1.3 从8次监测结果分析,该滑坡体目前处于加速滑动阶段(图8)。所以,需要特别注意预防,以免雨季时发生灾害性的恶果。

2.4.2 滑坡滑移与降雨的关系

据有关资料显示,80%的滑坡是因水造成的。图9为滑坡体主要部位监测点位移变化曲线图。从图中看,在第5、6、7次观测后,位移速率明显加快。这3次位移出现在4~9月份之间,按照当年降雨情况,4~9

月份为雨季,降雨较为集中。37 个监测点的位移在雨季呈现加速变化的有 29 个点,占总数的 78.4%。以 IM6、IM14、IM30 为例,在 2003 年 11 月至 2004 年 5 月期间,这 3 个点的月平均位移量分别为:9.56mm、9.27mm、3.41mm;2004 年 5~9 月期间,这 3 个点的月平均位移量分别为:16.75mm、19.73mm、15.73mm。

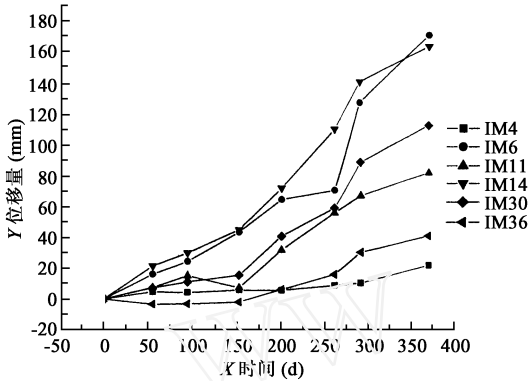


图 9 滑坡位移变化趋势图

Fig.9 Displacement of monitoring points

3 结论

3.1 监测结果表明,滑体后缘位移小,中部位移大,临江平台位移次之。其中,最大位移量 206.1mm,出

现在中部,说明中部较为活跃,为滑坡体的主滑段。临江基岩平台的位移次之。其主要因受到中上部滑体推力的作用而产生被动滑移。该段为阻滑段,与地质勘探揭示的滑面情况一致。

3.2 滑体的滑移方向与地层倾向关系密切。由于地层产状与地表坡向坡度基本一致。所以,从 EW 及 SN 方向的位移分析可以看到,滑坡主要沿山坡的走势由 N 向 S 移动(即向江中滑动)。

3.3 从目前的位移速率来看,茅坪滑坡正处在一个位移速率加快的阶段。不排除因突发暴雨或库区水位大幅度升、降等情况下,滑坡发生突变的可能。

3.4 雨季时,监测点的位移速率明显加快。降雨对滑体的滑动起到了催化作用。

3.5 考虑到茅坪滑坡的重要性及其存在的特点,望有关部门对监测成果进行专门研究。在加强该滑坡监测研究等工作基础上,尽早针对该滑坡可能产生的灾害制定防治预案,以便将滑坡损失降到最低。

参考文献:

[1] 长江水利委员会三峡勘测大队. 清江隔河岩水利枢纽水库区茅坪滑坡暨白岩危岩体工程地质勘察报告[R]. 1993.

Monitoring and development trend forecasting of Maoping landslide in Qingjiang Reservoir area

XU Li-kai, LI Shi-hai, ZHU Er-qian, WEI Zuo-an

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Maoping landslide, locating in north bank of the upper reach of Geheyan Reservoir of Qingjiang River and 66 km away from the reservoir dam, is the largest ancient rock landslide in the reservoir area. The volume of the landslide is about $2.35 \times 10^7 \text{ m}^3$. Since the filling of the reservoir on April 10, 1993, the landslide showed uastable signs of slowly downslope displacement. If the landslide rush into the river, Qingjiang River would be blocked, inducing a tragic event. Therefore, completely understanding the development trend of the landslide is very important for decision maker to control the landslide. The efficient means analyse of development trend of the landslide is monitoring. So the workgroup have reconnaissance trips for several times. In this pper, movement trend of the landslide is analysed based on one-year monitoring. The result shows that the landslide movement has a trend of acceleration.

Key words: Maoping landslide; reservoir bank landslide; displacement monitoring; forecasting and analyzing; development trend