

三峡库区奉节火石滩滑坡的监测预警工程技术

吴金生, 李厚芝

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 610081)

摘要:三峡库区滑坡规模大、数量多,靠工程治理耗资巨大,因此监测预警工程便成为滑坡等地质灾害一种经济有效的防灾措施。以三峡库区重庆市奉节县火石滩滑坡监测预警工程为例,介绍了滑坡监测预警工程的设计与施工技术。论述了利用监测数据对滑坡稳定性评价的方法。

关键词:三峡库区;滑坡;监测预警设计;深部位移监测;地下水监测

中图分类号:P642.22 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)04-0026-04

Monitoring and Predicting Engineering for Landslide in the Three Gorges Reservoir Region/WU Jing-sheng, LI Hou-zhi (The Exploration Engineering Institute of CAGS, Chengdu Sichuan 610081, China)

Abstract: In the Three Gorges reservoir region, the scale and amount of landslide are both great, the controlling engineering will make a great deal capital consumption. So monitoring and predicting engineering for landslide becomes an economic effectual measure of geological hazard prevention. Take the example of monitoring and predicting engineering of Huoshitan landslide in Fengjie County, Chongqing City, this article introduces the monitoring and predicting design.

Key words: reservoir region in Three Gorges; landslide; monitoring and predicting design; deep displacement monitoring; groundwater monitoring

根据《三峡库区地质灾害防治总体规划》,对库区崩滑体和库岸处治措施分为工程治理、搬迁避让和监测预警 3 类,其中规划为监测预警的崩滑体是指经过调查评价认为滑体现状处于潜在不稳定状态或受库水影响将处于潜在不稳定状态的,经技术、经济比选后认为应采用以监测预警为首选的预防措施的崩滑体。监测预警目的主要是及时掌握滑坡的变形动态及其整体和敏感部位的位移变形速率、位移方向,以评价滑坡稳定状态,并结合群测群防监测等资料综合分析,对滑坡变形破坏进行科学预警预报。本文以三峡库区重庆市奉节县火石滩滑坡为例介绍滑坡的三维立体网络监测设计与施工。

1 滑坡概况

奉节火石滩滑坡位于长江支流梅溪河左岸斜坡上,距梅溪河流入长江口 7.6 km。该滑坡长 450 m,宽 350~450 m,面积 $19.2 \times 10^4 \text{ m}^2$,滑坡平面形态呈圈椅状,滑体厚 30 m,体积 $576 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。滑坡前缘高程 110 m,后缘高程 280 m,相对高差 170 m。滑坡发育于三叠系中统巴东组的灰岩、泥质灰岩、泥岩中,滑体物质组成主要为碎裂状泥灰岩、泥岩及碎块石土,滑体物质结构上部为松散土层、碎块石土,下

部为碎裂状岩体。由于滑坡前缘位于三峡水库水位变动带内,三峡水库蓄水后,在库水动水压力下,该滑坡稳定性有进一步下降的趋势,滑坡一旦滑动,将直接影响其上居民的生命及财产安全。

2 滑坡监测预警工程设计

2.1 单体滑坡监测网点的布置原则及要求

(1) 监测剖面是监测网的重要组成部分,每条监测剖面要控制一个主要变形方向,监测剖面原则上要求与勘查剖面重合(或平行),同时应为稳定性计算剖面。

(2) 监测剖面不完全依附于勘查剖面,应具有轻巧灵活的特点,应根据崩滑体的不同变形块体和不同变形方位进行控制性布置。当变形具有 2 个以上方向时,监测剖面亦应布置 2 条以上;当崩滑体发生旋转时,监测剖面可呈扇形展布。

(3) 监测剖面上要布置成拥有绝对位移、相对位移、压力监测、钻孔倾斜监测等多手段、多参数、多层次的综合立体监测网络剖面,达到互相验证、补充和进行综合评判的目的。

(4) 监测剖面布置时,可适当照顾大地测量网的通视条件及测量网形(如方格网),但仍以地质目

收稿日期:2007-03-20

作者简介:吴金生(1970-),男(汉族),安徽人,中国地质科学院探矿工艺研究所工程师,勘察工程专业,从事地质灾害的防治及研究工作,四川省成都市一环路北二段 1 号,13609456515、13808208189。

的为主,不可兼顾时应改变测量方法以适应监测剖面。

(5) 监测剖面布置后,应结合地质结构、成因机制、变形特征,分析该剖面上全部监测点的功能并予以综合,建立该剖面在平面上和剖面上代表崩滑体的变形块体范围及其组合。

(6) 监测点要尽量靠近监测剖面,一般应控制在 5 m 范围之内。若受通视条件限制或其他原因,亦可单独布点。

(7) 监测点不要求平均分布,对崩滑带,尤其是崩滑带深部变形监测,应尽可能多设。

2.2 监测预警设计

监测平面布置和滑体剖面见图 1、2。

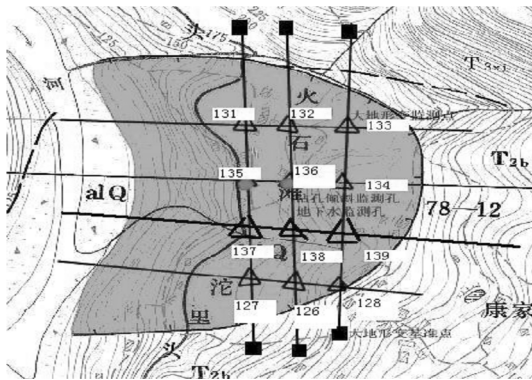


图 1 火石滩滑体监测预警平面布置图

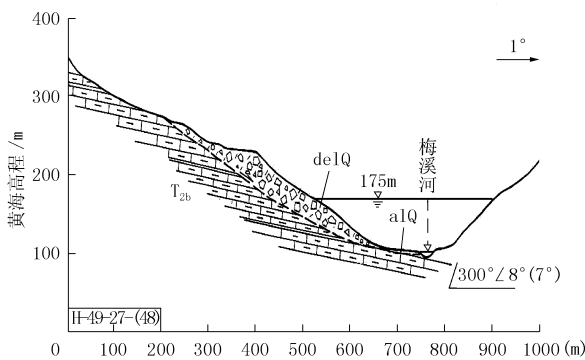


图 2 火石滩滑体(78-12)纵剖面图

2.2.1 大地形变(GPS)监测

根据滑坡体的基本情况,确定了该滑坡为 3 纵 3 横监测剖面。在滑坡体内布置 3 条视准线,其中 6 个大地形变基准点分别设置于 3 条视准线的两个端点上,基准点应选在滑坡外围岩体稳定处;大地形变监测点 9 个,分别布置于 3 条纵向监测剖面与 3 条视准线的交汇点上。

2.2.2 滑体深部位移监测

对变形孔不同时间、不同深度段变形情况进行监测和数据分析,以掌握滑坡立体变形情况。在滑

坡体上布设 2 个钻孔倾斜监测孔,孔口处各建立 1 个大地形变监测标桩,分布高程为 190、230 m,单孔深按 35 m 考虑。要求钻孔穿过滑带进入完整基岩 5~8 m 终孔。钻孔倾斜监测孔监测频率和时间与地表位移监测的观测应相一致,以便两者对比分析,进行地表变形与深部变形关系研究,探索滑坡体的空间变形特征,并对监测数据进行多种渠道的校核。

2.2.3 地下水位监测

布设 2 个地下水位监测孔,分布高程为 190、230 m,与钻孔倾斜监测孔并列,单孔深度均按 35 m 考虑,对地下水进行观测。观测频率为每 10 天观测一次,雨前、雨中和雨后均应连续观测,其内容主要为地下水位变化情况。

2.2.4 宏观监测

监测内容为地表变形特征和房屋变形情况,采用常规地质调查方法。

3 监测仪器的埋设及安装

3.1 测斜管的安装技术要求

测斜管安装如图 3 所示。

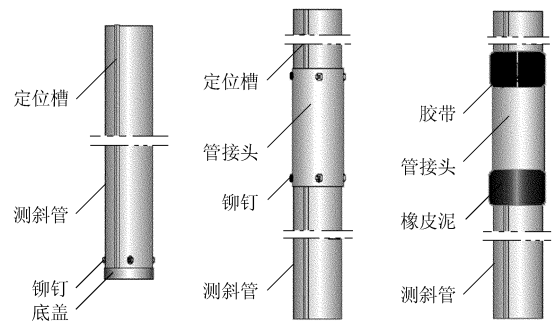


图 3 测斜管安装示意图

(1) 根据监测类型选用铝合金测斜管,测斜管安装前要检查测斜管是否平直,两端是否平整,其内壁应平整圆滑,定位槽不得有裂纹结瘤。

(2) 按埋设长度要求在现场将测斜管逐根进行标记预接。在安装测斜管的对接处定位槽必须对准,并套上管接头,使用铝合金测斜管时在其周围对称钻 4 个孔以便铆接,铆接测斜管接头应避免定位槽,在管接头与测斜管接缝处用胶泥填塞,再用防水胶带缠紧,测斜管底端加底盖并用胶带缠紧密封,以防止注浆液和泥砂渗入管内。装配好的测斜管定位槽扭转角 $\leq 0.17^\circ/m$ 。

(3) 固管水泥浆凝固后的变形性质、弹性模量应与钻孔周围岩土体相近。为此,应事先进行试验,确定配合比,常用水灰比为 0.4~0.6,水下灌注的

水灰比 ≥ 0.5 。用承重吊绳、绞车、套管夹等装置,起吊对接好的测斜管,缓慢地放入测孔内,确认下放到孔底后,才能松开起吊装置,并固定管口,在测斜管内注清水,避免测斜管被水浮起而无法下放。

(4)将配制搅拌好的水泥浆用注浆泵和注浆管注入测斜管与孔壁之间的环状间隙中。

(5)检查记录下放到孔底的每一测斜管接头的深度和测斜管定位槽的方向,使其中一对定位槽的方向与预计的主滑方向保持一致,并用罗盘或其他测量仪器校对准确。

(6)在完成下管后,应下入模拟探头放入测斜管,并沿定位槽滑动检查确认定位槽畅通无阻且测斜管内没有泥砂后,才能在测斜管上端加盖。

(7)对安装埋设测斜管过程中发生的问题要作详细记录。用灌浆法将测斜管牢固地固定在钻孔中,不能出现晃动和转动。灌注完成且合格后,必须量测测斜管定位槽方位、管口坐标及高程。

3.2 水文监测孔的安装技术要求

钻孔达到设计高程后,下入花管,花管外面裹有尼龙纱网,滑带以下用粘土球封孔,然后用砂砾石回填管壁与钻孔之间的环状空间,填至离地面高约1 m处,再用粘土球封闭环形空间至地面,以防地表水的渗入。滤水管选用 $\Phi 57 \text{ mm} \times 3.5 \text{ mm}$ 无缝钢管或2"镀锌水管。滤水筛孔直径10~12 mm,排距 $L=40 \text{ mm}$,孔距40 mm,每排孔数为4个,棋盘状排列,管子两端200 mm不钻孔。筛网可用不锈钢丝网或尼龙网,网孔选用 $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$,自上而下螺旋缠绕在滤水管上,并分段用铁丝扎紧,成孔前应预先准备。砾料要经过筛分,砾径宜选用 $\Phi 6 \sim 10$ 。成孔时不用泥浆,如用泥浆则下管前应用清水洗井。水位监测采用自动水位计进行自动监测。根据监测数据建立降雨量、江河水位与地下水位变化的关系。

3.3 孔口保护施工措施

待孔内所注砂浆初凝后,利用孔口段埋设的套管(孔口管),做一个 $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ 的孔口保护平台,根据设计要求,孔口保护装置用水泥砂浆砌筑,并在孔口管上加盖、上锁进行双重保护。孔口保护装置结构见图4。

4 滑坡监测数据初步分析

4.1 大地形变(GPS)监测

从2005年3月~2007年1月,每月监测一次,滑坡监测主剖面上地表位移监测曲线图见图5。由所采集的监测数据来看, $\Delta X'$ 最大变形量为14 mm,

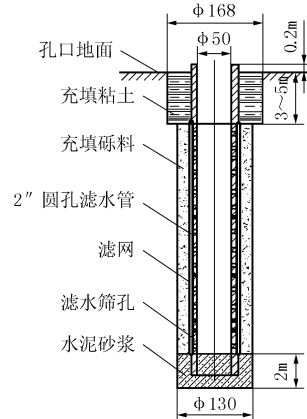


图4 孔口保护装置结构示意图

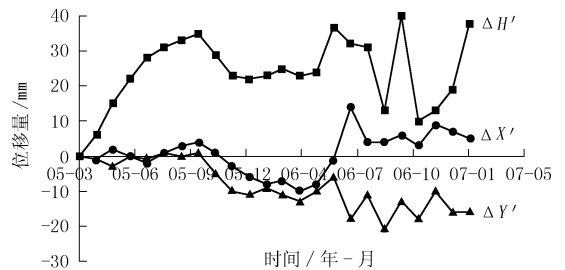


图5 FJ134点地表位移曲线图

$\Delta Y'$ 最大变形量为 -21 mm , $\Delta H'$ 最大变形量为 40 mm ,矢量变形总量最大为 22.8 mm ,火石滩滑坡在三峡库区二期蓄水(2005年8月)后地表位移变形量加大,同时在暴雨季节地表位移随着地下水位的变化而变化,该滑坡目前处在潜在不稳定状态,在水位继续上升和下降过程中产生动水压力,可能会整体失稳。

4.2 深部位移监测

从2003年11月~2006年3月,每月监测一次,采集了HS-ZK1、HS-ZK2号深部位移监测数据(见图6、7)。比较分析采集监测数据得知,该滑坡在三峡库区二期蓄水之前处于基本稳定状态,但在二期蓄水(2005年8月)后变形加剧,HS-ZK1号点最大变形深部位移为 -33.5 mm ,HS-ZK2号点最大变形深部位移为 -29.3 mm ,该滑坡目前处于潜在不稳定状态,在水位继续上升和下降过程产生动水压力下,滑带土抗剪强度进一步降低,可能会局部或整体失稳。

4.3 地下水位监测

从2004年5月20日~2006年6月30日,每10天监测一次,采集了SZK1号水位孔数据,得出时间-水位曲线图(见图8)。比较分析采集监测数据得知,该滑坡地下水在夏季暴雨季节地下水位急剧

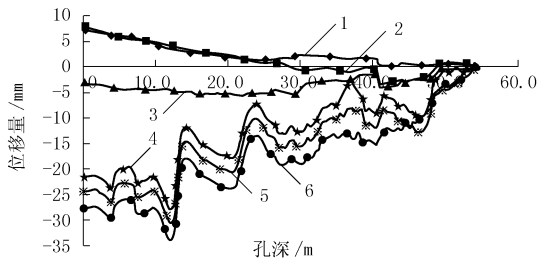


图 6 HS-ZK1 号点深部位移曲线图

1—2003 年 11 月;2—2004 年 6 月;3—2005 年 3 月;4—2005 年 8 月;5—2005 年 11 月;6—2006 年 3 月

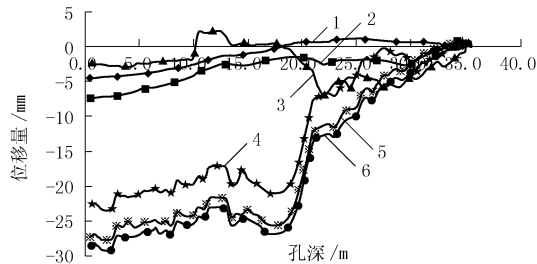


图 7 HS-ZK2 号深部位移曲线图

1—2003 年 11 月;2—2004 年 6 月;3—2005 年 3 月;4—2005 年 8 月;5—2005 年 11 月;6—2006 年 3 月

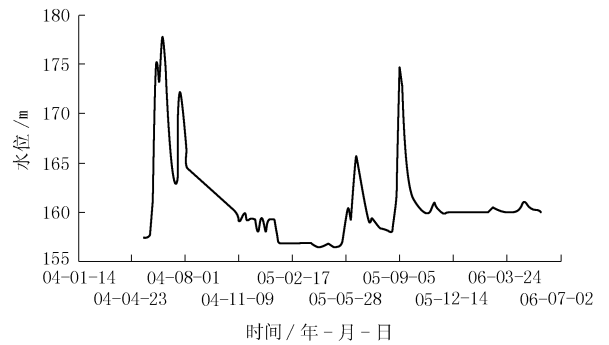


图 8 SZK1 号点地下水位变化曲线图

水压力,滑带土抗剪强度进一步降低,该滑坡变形有进一步加剧的趋势,火石滩滑体可能局部滑动或全部失稳。

5 结语

在三峡库区重庆市奉节火石滩滑坡上布设大地地表位移(GPS)监测、深部位移监测、地下水位监测及宏观监测都是滑坡监测的有效手段,监测结果表明,该监测系统总体运行良好,说明监测设计、仪器安装合理,达到监测预警的目的。所测资料分析表明,各种监测手段都存在相关性,各种监测结果基本吻合。通过该滑坡的监测实践,不仅为甲方提供科学的监测数据,同时也为今后的监测工作打下了良好的基础。

致谢:本文参考了三峡库区地质灾害防治工作指挥部编制的《监测预警工程设计》一书,在此深表谢意!

上升,在枯水季节水位下降,但在 2006 年夏季因重庆库区降雨量少,故地下水变化幅度不大,说明地下水升降与地表水的补给是密切关联的。

4.4 稳定性评价

从滑坡地表变形特征、滑坡深部位移和地下水位的监测数据分析结果可以判断:火石滩滑坡目前处于不稳定状态,在三峡库区水位升降过程中和暴雨季节,受地表水的下渗和水位的升降影响,产生动