

三峡库区地质灾害防治工程监测系统设计与应用

李恒宝

(江苏第五地质大队,江苏 徐州 221004)

摘 要:长江三峡库区防治工程监测系统是服务于地质灾害防治、保障工程建设安全的基础性工作。需同时采用多种方法进行监测,以便进行对比和综合分析。通过对滑坡、边坡变形、防治工程及环境条件全方位多手段立体监测,随时掌握其变形动态和变形原因,为塌岸、滑坡变形的预测与防治提供可靠的依据。结合工程实例,通过现场综合监测数据的分析,证明了它的应用价值。

关键词:三峡库区;地质灾害;防治工程;监测系统设计;应用

中图分类号:P954 **文献标识码:**B **文章编号:**1004—5716(2009)12—0096—04

三峡库区地灾防治工程其规模巨大,地质环境和成因复杂,各滑坡体物质成分、变形特征及稳定性状有较大差异,三峡水库蓄水后遭受外动力影响程度和变形发展趋势各有特色,相应采取的治理工程措施也不尽相同。为科学的引导防治工程施工期间对滑坡区的合理改造,指导防治工程施工并检验防治工程的治理效果,及时掌握地质灾害的变形规律,不断的采取相应的处理措施,从而达到长治久安的目的,建立防治工程长效的综合监测系统十分必要。

1 防治工程监测系统设计原则

(1)充分利用现有监测设施及监测资料,建立精密仪器与简易监测相结合,地面监测与地下、空间监测相结合,专业监测与群众监测相结合,近期防治工程效果监测与长期稳定性研究相结合的群策群防、群专相结合的全方位多手段动态立体监测系统。

(2)监测系统应具数据采集稳定可靠、及时迅速准确,综合分析科学快捷,在施工过程中及时监测与预报滑坡位移、库岸坍塌,确保施工安全,为地质灾害预测预报研究,不断完善地质灾害防治方案提供依据。

(3)监测项目主要包括大气降水监测,地下水动态监测,地表位移形变监测,深部滑面及软弱层位移变形监测,防治工程位移监测,监测范围以能够控制整个滑坡变形特点为准,并适当考虑临区灾害对其可能产生的不良影响,监测重点放在对整个坡体变形有重大影响和主要防治工程布置区段,并结合水库蓄水分期。

(4)变形监测内容包括滑坡位移,塌岸变形及其影响因素,施工安全和防治过程中的变形等,监测手段的选择应满足适用性、稳定性、经济合理性的要求,保证能够全面准确地反映滑坡区变形动态特征。

(5)监测网点的确定和建设应考虑已有监测点和新

建监测点相结合,测点的布置要与降雨量入渗机理和理论计算相结合,充分考虑滑坡形态、稳定性及防治工程布置特点,重点布设于对变形有直接影响的地段,以取得最优效果。建立完整的监测剖面 and 监测网,使之与数据采集、储存和传输、数据处理、信息反馈相配套,形成完善的变形监测系统。

(6)监测仪器的选择应满足可靠性,操作简便性和长期稳定性,保证有足够的测量精度、灵敏度及相应的量程,具有相应的干扰性、防风雨、防水性能,以确保长期正常应用。

2 防治工程监测系统设计

三峡库区太矶头滑坡区为存在于复杂地质环境下的一复合型地质灾害,其空间形态复杂,物质成分极为不均,且还将受到库区水位、防治工程施工等诸多因素的影响。为使监测系统布设合理、达到预期目的,结合以上设计原则,采用以库水位水文监测、岸坡地下水位监测、大气降水监测所组成的滑坡影响因素监测;以地面大地形变监测、防治工程地表变形监测、地下钻孔测斜仪监测、地面巡视宏观监测所组成的滑坡及防治工程形变监测;抗滑支挡工程应力应变监测所组成的监测系统。

2.1 影响因素监测

(1)大气降水监测:充分利用地方气象局设置的气象监测点,进行雨量、降雨强度、温度、湿度及蒸发量等观测,定期收集绘制每月、年降水量变化曲线图,分析滑坡区降水、温度、蒸发量的变化特点,进行降雨尤其是暴雨及连续降雨对滑坡稳定性的影响监测。

(2)长江水文及库水位监测:为掌握滑坡区变形及防治工程应力应变与长江水文及库水位波动的关系,利用地方长江水文观测站的资料,分析长江太矶头段水

位、流量、枯、洪水位历史曲线,及其与坡体内地下水动态相关性,分析长江水位变化并研究其对滑坡稳定性和防治工程施工的影响。

(3)地下水位动态监测:为掌握滑坡区地下水的变化规律,特别在库区蓄水后的变化,设置地下水位长期观测钻孔,孔内安装自记水位仪,观测坡体、库岸边坡中地下水位动态变化与长江水位关系,研究其对滑坡稳定、防治工程的影响,并及时了解降雨对地下水的补给情况及滞后时间。

2.2 位移变形监测

(1)大地形变监测:采用 GPS 卫星定位监测,该方法将空间定位系统技术应用于滑坡监测,是利用 GPS 静态相对定位原理,建立起高精度测量控制网,监测滑坡变形与位移。GPS 监测方法,可进行全天候监测,不受通视条件限制,同时监测 X、Y、Z 三维方向位移量,方便灵活,并可监测灾害体所处地带的区域地壳变形情况。GPS 监测建网首测及复测按 B 级网要求执行,常规监测按 D 级网要求执行,B 级网、D 级网均采用静态测量。

(2)钻孔测斜仪监测:采用 CX 系列测斜仪进行监测。在滑坡体上选择有代表性的点位布置测斜钻孔,分别在其主滑方向和垂直主滑方向上进行正反两回次自下而上的测读,按每 0.5m 取值一次,正反两次取值,与首测值对比,计算出滑带及孔口累积位移。

(3)地面形变宏观巡视监测:采用常规地质调查方法进行,调查的内容为地面开裂下沉、鼓胀、滑移坍塌、泥石流的位置、方向、规律、变形量及发生时间,泉水异常变化,建筑物及防治工程破坏情况等,以及与变形有关的异常现象进行调查记录。调查范围以能综合反映滑坡区近期坡体变形、防治工程特点为准。重点以 130~138m 高程防治工程强烈的陡坡段及防治工程布设区等变形剧烈地段,调查路线以能控制滑坡区为原则,路线间距 100~200m。该方法的特点是获取的前兆信息直观可靠,可信度高,监测方法简单经济、实用性强,适应于各种滑坡不同变形阶段的监测,更适合群测群防监测。

2.3 防治工程应力监测

为对比抗滑桩在回水前后的应力分布变化,于 3 条抗滑桩前后布设压力盒监测点,压力盒采用 GYH 型钢弦式土压力计监测,采用 GPC 型钢弦频率测定仪接收并显示其频率。首测值的确定一般在压力盒埋设 24h 后进行。通过土压力计算公式,以求出相应测次的压力值。

$$P_i = K(f_i - f_0 - b)$$

式中: P_i ——第 i 次测量的土压力,MPa;

f_0 ——初始频率;

f_i ——实测频率;

b ——截距;

K ——系数。

通过对土压力计观测,可获得每一个抗滑桩主推面不同深度埋设的压力计压力与时间关系曲线图,通过曲线的变化反映抗滑桩主受力面主体中不同深度的应力变化及特征,并确定该桩位所处坡体的稳定性。

3 监测系统设计要求

3.1 监测频率要求

大气降水及长江水位监测为每日一次;地下水动态为 5d 一次;GPS 卫星定位监测、深部位移钻孔倾斜仪监测、抗滑桩压力盒监测及宏观地质监测为每月 1 次,汛期、蓄水期或遇变形加剧等特殊情况下适当加密观测。

3.2 监测精度要求

(1)变形观测精度。观测点水平位移观测允许误差为 $\pm 3\text{mm}$ 或年位移量的 $1/5 \sim 1/10$;观测点垂直位移观测允许误差为 $\pm 3\text{mm}$;裂缝宽度量测应精确到 0.1mm ,裂缝宽度张合量量测允许误差为 $\pm 1\text{mm}$ 。

(2)大气降雨以其承受地点水平面上积聚的水层深度来表示,其计量单位为毫米,通常测记至 0.1mm 。

(3)地下水位观测每一次观测应重复两次,两次观测值之差不得大于 2cm ,地下水位观测值以米为单位测记,测记精确至小数点后第二位。

(4)采用钻孔倾斜仪了解滑坡深部,特别是滑带的位移情况,系统总精度不超过 $\pm 5\text{mm}/15\text{m}$ 。

(5)宏观地质调查精度保证在 0.5m 以内。

3.3 监测系统预警级别

为满足安全监测及时、快速、全面、准确、可靠的要求,对滑坡区所收集的监测数据建立数据库,根据监测资料建立预报模型,应用相关软件对数据库进行管理。制定详细的监测系统预警级别(见表 1),并对宏观预警数据进行分级判别,及时进行分析和处理,对滑坡活动进行判断和预报。

4 监测结果分析

4.1 大气降雨

大气降水完成了 2003~2005 年 3 月份降雨资料的收集。观测结果表明降雨集中在 5~10 月。监测期月最大降雨量为 235.7mm (2003 年 4 月),月最小降雨量为 6.9mm (2004 年 12 月)。降雨具连续集中的特点,5~10 月份降水量占年降水量的 76% ,监测期雨季经常发生大暴雨或连续降雨,一日最大降雨量达 121.4mm (2003 年 4 月 1 日),连续最长降雨期为 16d(2004 年 7

月 7~22 日,降雨量 199.1mm)。

表 1 监测系统预警级别

监测系统 预警级别	预警内容
预警 状态	中到大雨连续 3d 以上,日降雨量大于 75mm,月降雨量大于 290mm;地表主要监测点变形速率每日大于 3mm,每月大于 10mm;深部位移每日大于 1mm,每月大于 10mm;井泉流量增多或减小等异常;涌现新的泉点
警报 状态	进入预警状态,中到大雨仍在继续;地表主要监测点变形速率每月大于 50mm;深部位移每日大于 5mm,每月大于 50mm;地下水位异常波动;井、泉流量明显增多或减小,甚至出现干涸回升
临灾警 报状态	进入警报状态,于降雨过程中或降雨后,地表及深部变形速率均有明显增大的趋势,伴有地声、动物异常,井泉流量大幅增减,地下水位异常升降明显
备注	根据监测资料的不断丰富和深入程度,可对各预警级别的临界值作适当的调整

4.2 长江水位监测

2003 年 5 月 24 日以前,长江水位控制在 81.92m 以内,5 月 25 日开始逐步抬升库水位,5 月 31 日前抬升

至 104.43m,超过施工期最高水位值 6.43m。

6 月 1 日进入 135m 水位蓄水期,库水位日升幅为 2.57~3.73m,6 月 11 日达到最高水位 136.16m,累计涨幅为 31.60m,之后水库开闸泄水,库水位呈缓慢下降趋势,至 6 月 15 日,水位降至 135.36m 并渐趋稳定。6 月 16 日~9 月 30 日为 135m 水位运行期,长江水位在 135.17~136.27m 之间波动,水位变化较小。

10 月 26 日进入三峡水库 139m 水位蓄水期,截止 11 月 5 日水位为 138.70m,基本达到蓄水设计水位,累计涨幅为 3.17m。2003 年 11 月 6 日~2005 年 3 月 31 日为 139m 水位运行期,长江水位在 135.29~139.10m 之间波动。

4.3 GPS 卫星定位监测

滑坡区布置的 G3~G8 六个监测点。其中 G7 点在 2003 年抗滑桩工程施工过程中有明显变形,但随着防治工程的结束,水平累计位移值趋于稳定,如图 1 所示。2004 年~2005 年 3 月该点水平方向累计位移值在 47~53mm 之间波动,没有明显位移持续增长。其余各点水平方向累计位移值在 1~12mm 之间波动,位移方向变化无规律。监测数据的波动由仪器误差所致,因此认为滑坡体无变形。

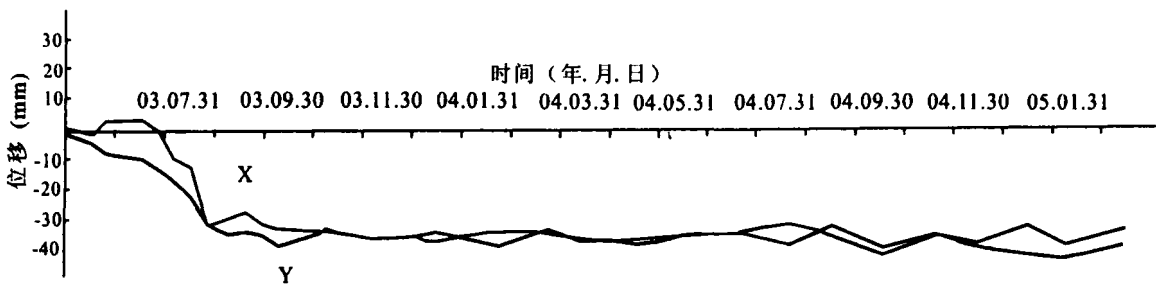


图 1 G7 监测点位移与时间曲线图

4.4 钻孔倾斜仪监测

ZK05 测斜孔位于 I# 滑坡体前缘,孔口高程 125.95m,滑带位置 34.33~36.60m,受 135m 蓄水期影响,于 6 月 8 日被江水淹没。截止 6 月 7 日孔口累积位移 0.39mm,滑带累积位移 0.53mm。该孔位移—深度曲线是由孔底向上逐渐递增,且曲线基本是在钻孔轴线(-1~10mm)范围内摆动,该孔孔口及滑带累计位移均较小,均在仪器系统精度误差范围内(±4mm/15m)波动,表明钻孔倾斜仪附近滑体从整体上来说稳定的。

4.5 浅层地下水位监测

监测期各孔地下水位年变幅为 17.834~46.161m,月变幅一般为 0.20(2005 年 2 月)~30.88m(2003 年 6

月)。2003 年 6 月 6 日前(蓄水前及蓄水初期),孔内水位均高于同期长江水位,2003 年 6 月 7 日江水位首次高于孔内水位。139m 蓄水后各孔地下水位在 133.46~137.33m 之间波动,与同期长江水位的变化基本同步,这说明各孔处滑体的水平渗透性较强。连续降雨对孔内水位的影响不太明显,2004 年 9 月 20~25 日连续降雨 164.2mm,9 月 25 日水位测值较 20 日增加了 0.08~0.18m,而同期长江水位则增加了 0.02m,这表明各孔地下水位主要受长江水位变化影响。

4.6 抗滑桩应力监测

滑坡区共埋设 10 根抗滑桩 51 个压力计。压力计测值表明,各桩主推力面上的压力均较小,测值在压力盒弹性范围内波动。各桩应力变化未出现随埋设深度

锚杆无损检测技术在煤矿中的应用

段苏然¹, 付 龙², 段 伟³

(1. 济宁市产品质量监督检验所, 山东 济宁 272100; 2. 山东理工职业学院, 山东 济宁 272017;

3. 济宁市煤炭工业局, 山东 济宁 272017)

摘 要:锚杆锚固技术在巷道支护工程中得到了广泛的应用, 与此相关的锚杆检测技术也得到了长足的发展。在对锚杆检测技术进行总结的基础上, 介绍了目前被广泛使用的应力波反射法。结合锚杆无损拉拔试验和应力波反射法, 证明了用应力反射波法检测锚杆的锚固质量是非常有效和实用, 应加以推广和应用。

关键词:锚杆; 锚固力; 无损检测; 应力波

中图分类号:TD353 **文献标识码:**B **文章编号:**1004—5716(2009)12—0099—03

锚杆支护能够改变围岩的力学特性, 能获得较好的支护效果, 可以带来传统支护方式无法比拟的技术经济效益, 因此锚杆锚固技术在国内外已受到了普遍的重视, 并得到了快速的发展及广泛的应用。

锚杆锚固具有高度的隐蔽性, 发现质量问题难, 事故处理更难。因此, 锚杆检测工作是整个锚固工程中不

增大、压力随之递增的变形趋势。因各桩压力计埋设深度均远高于长江水位, 故压力计所测得的压力值未受水库蓄水影响, 土压力测值的变化为土体内自重压力的变化。太矶头抗滑桩应力计观测成果显示, 各桩压力值自 2004 年 11 月以后相对稳定, 变化不大。各护坡桩所处边坡稳定, 未见明显的变形迹象, 目前处于稳定状态。

4.7 宏观地质监测

监测结果表明, 格构护坡区及抗滑桩防治工程地段未见明显变形迹象, 滑坡区及滑坡区外围未见变形迹象。

5 结论

(1) 通过多手段的系统监测, 掌握了被监测滑坡体的表面、内部自上至滑移带的变形及受力情况, 数据综合分析表明其反映了滑坡位移变化及动态特征, 取得了进行灾害预警的重要基础数据资料, 说明采用的监测系统合理有效。

(2) 通过对滑坡防治工程两个水文年的效果监测及监测成果统计分析, 多种监测数据成果具有明显的一致性和相关性, 反映了滑坡体的变形情况和特征, 证实防治工程治理效果明显, 监测成果为地质灾害防治工程施工及预警提供了可靠依据。

(3) 为保证在滑坡发生滑移险情时能进行有效的监

可缺少的环节, 只有提高锚杆检测工作的质量和检测评定结果的可靠性, 才能真正地确保锚固工程的质量与安全。目前, 对巷道锚杆锚固质量检测常用的方法有“拉拔法”。这种方法都是破坏性的, 操作复杂。锚杆检测是一项很复杂的系统工程, 无论在理论上还是实践中都还存在很多的问题需要研究。对锚杆锚固质量无损检

测, 应在进行专业监测的同时, 进行群测群防监测, 使地质灾害防治工作由被动救灾转为主动预防。特殊情况下, 对危险滑坡灾害点, 调整监测方案, 进行加密监测或连续监测, 使监测系统满足预警预报要求。

(4) 从长远发展考虑, 监测应以免值守、易维护、低成本、固定式、自动化快速连续采集传输和半自动化监测及人工监测相结合为方向, 以建立起长期高效的地质灾害综合监测网络与地质灾害预警系统。

参考文献:

- [1] 湖北省三峡库区滑坡防治地质勘察与治理工程技术规定[S]. 湖北省三峡库区地质灾害防治工作领导小组办公室, 2002.
- [2] 湖北省地质灾害防治工程勘察设计院. 湖北省三峡库区巴东县太矶头滑坡防治工程可行性研究报告[R]. 2002.
- [3] 中国地质环境监测院. 长江三峡工程库区滑坡防治工程设计与施工技术规范[S]. 北京: 地质出版社, 2001.
- [4] 水利部长江勘测技术研究所. 水利水电工程地质观测规程[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
- [5] 国家技术监督局, 建设部. 工程测量规范[S]. 中国计划出版社, 2003.
- [6] 董颖, 朱晓冬, 李媛, 高速, 周平根. 我国地质灾害监测技术方法[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2001, 13(1): 105-107.