

三峡库区曾家棚滑坡监测技术及失稳比较分析

赵 重

(中国地质科学院探矿工艺研究所,四川 成都 610081)

摘 要:曾家棚滑坡属于三峡库区较少失稳的滑坡之一,有过 9 年的专业监测史,包括地表变形、深部位移等多种监测手段。通过多年的监测经验,结合滑坡的实际变形失稳过程,对各种监测方法的实用性和科学性进行分析和评估,为后续同类型滑坡监测工作提供科学依据,使资源利用更加集中、合理,并对以后的监测方案设计提出建议。

关键词:滑坡;变形失稳;监测方法;三峡库区;曾家棚滑坡

中图分类号:P642.22 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)07-0049-03

Landslide Monitoring Technology in Zengjiapeng of Three Gorges Reservoir Area and the Comparison Analysis on Instability/ZHAO Zhong(Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 610081, China)

Abstract: Zengjiapeng landslide in Three Gorges reservoir area is one of the landslides with less instability, for which the professional monitoring history of 9 years was kept, including surface deformation, deep displacement and other means of monitoring. By the monitoring experience of many years, combining with the actual deformation and failure process of landslide, the analysis and evaluation are made on the practicability and scientific of various monitoring methods, which can provide scientific basis for the same type subsequent landslide monitoring work and make use of resources more concentrated and reasonable. The paper also puts forward reasonable suggestions on monitoring scheme of future.

Key words: landslide; deformation instability; monitoring methods; Three Gorges reservoir area; Zengjiapeng landslide

1 曾家棚滑坡基本情况

曾家棚滑坡位于长江支流大溪河左岸斜坡上,距大溪河入长江河口约 11 km,入河口距三峡大坝 149 km。滑坡平面形态呈不规则弧形,前缘高程 140 m,后缘高程 300 m,前后缘相对高差 160 m,纵长约 320 m,横宽 900 m,滑体厚 40 m,总面积 29.1 万 km^2 ,总体积 1164 万 m^3 。该滑坡发育于三叠系巴东组第四段泥岩、粉砂岩中(泥岩岩性软弱易产生滑坡),滑体物质主要为泥岩、粉砂岩及崩坡积碎石土。

该滑坡属三峡库区二期地质灾害防治规划(2001 年至 2003 年)搬迁避让和专业监测预警项目。专业监测工程于 2003 年建成开始监测,连续监测至 2012 年 6 月。

2 曾家棚滑坡变形失稳情况

2.1 变形史

曾家棚滑坡从 2003 年 7 月监测之初到 2007 年发生第一次变形,之后变形一直持续缓慢发展,宏观变形特征为:前缘垮塌,后缘横向拉裂缝持续扩展,到 2011 年基本形成后缘贯通式拉裂缝,裂缝能见宽度在 1 cm 左右,滑坡上的房屋一直处于持续缓慢变

形过程,前缘平台无明显变形迹象。

2.2 失稳情况

2012 年 5 月 31 日晚 6 点至 6 月 1 日早 6 点左右,滑坡前缘中部发生滑塌,宽 80 ~ 100 m,长 70 ~ 90 m,厚 10 ~ 30 m,总方量约 15 万 m^3 。滑塌体两侧 60 ~ 100 m 范围内出现多条横向拉张裂缝;滑塌体后侧房屋墙体拉裂,耕地局部产生多条横向拉裂缝和纵向裂缝。滑坡后缘出现多处拉张、沉降裂缝,局部土体垮塌。险情发生后,当地政府组织群众立即撤离,紧急搬迁 9 户 42 人,未发生人员伤亡事故。6 月 1 日上午 9 时至下午 6 时,滑坡持续变形加剧,发生大规模滑动,滑动区前缘宽 490 m,后缘宽 260 m,最大纵长 437 m,面积 13.45 万 km^2 ,体积 460 万 m^3 。后缘形成高 30 ~ 45 m 陡壁,滑体内房屋倒塌,果木林倾倒或连根拔起,地面破裂,约 450 亩(1 亩 = 666.67 m^2)耕地被毁,滑坡整体失稳。

3 曾家棚滑坡监测方法简介

3.1 深部位移监测

对滑带上部滑体的垂向偏移量连续观测,可以直观的反应滑体内部变形状态,为滑坡预警提供依据。但对部分滑坡有一定局限性:首先,铝合金测斜

收稿日期:2013-06-15

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工程师,勘查技术与工程专业,从事地质灾害监测工作,四川省成都市金牛区一环路北二段 1 号。

管在滑坡变形过程中极易被扭曲破坏;其次,深部位移监测对这种缓慢持续变形的滑坡预警作用有限。曾家棚滑坡上面布设的深部位移监测钻孔由于年久失修,加上人为破坏,完全失去了它的作用。

3.2 GPS 监测

曾家棚滑坡共布设有 8 个 GPS 地表位移监测点,2010 年局部变形后增设 2 个,共 10 个测点,由于 GPS 监测具有精度高和不易损坏的特点,曾家棚滑坡的地表位移监测一直正常进行,为滑坡的变形提供了连续、准确的基础数据(见图 1),其中,2007 年和 2009 年有 2 次明显加速过程,且主要集中在 4~9 月。从数据曲线还可以看到,曾家棚滑坡变形曲线斜率明显遵循“初始变形→加速变形→匀速变形→减速变形→急剧变形等”基本破坏阶段(见图 2)。

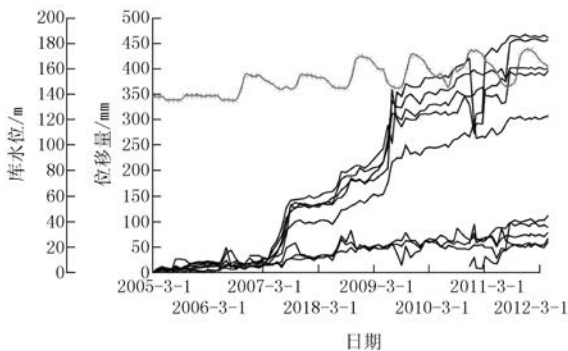


图1 曾家棚滑坡各 GPS 变形点时间和位移、库水位变化图

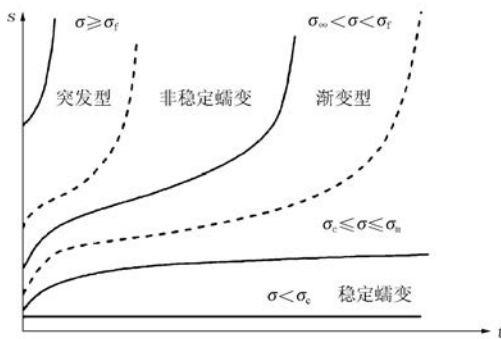


图2 岩土体蠕变曲线簇及其形成条件

σ_c ——岩土体的渐变下限; σ_m ——岩土体的长期强度;
 σ_f ——岩土体的峰值强度(瞬时强度)

3.3 人工巡视测量

人工巡查是目前对于滑坡最原始、最有效的监测方法之一,滑坡变形往往有很长的时间周期,而失稳破坏的时间往往极为短暂。曾家棚滑坡变形持续时间为 5 年,整体失稳时间为 1 天就是很好的佐证。此次滑坡失稳未造成人员伤亡及重大财产损失,巡查人员的及时发现起了决定性的作用。

4 监测实用性分析

4.1 地表位移监测

地表位移 GPS 测量在曾家棚滑坡监测中持续时间很长,监测周期为一个月,共采集数据 106 期,历时 9 年,为该滑坡及所有类似滑体的变形研究提供了非常重要的第一手资料,从图 1 可以得出如下结论。

(1) 每年雨季,滑体变形速率明显增加,且成陡—缓—陡—缓交替出现(2007 年陡、2008 年缓、2009 年陡、2010 年缓、2011 年缓、2012 年失稳),严格遵循以下规律:稳定—加速—匀速—减速—失稳。

(2) 该滑坡在 2007 年加速变形阶段,我们做了一次预警,2010 年 9 月做了第二次预警,主要依据来源就是地表位移的变化,两次先期预警工作促成了当地居民及决策部门对该滑坡的应急预案,为后来的紧急搬迁避让等工作提供了有力的铺垫。

(3) 滑坡整体失稳发生在 5 月 31 日~6 月 1 日,由于地表变形测量周期基本保持在一个月,所以未能及时做出临灾预警。长周期的专业监测对滑坡的破坏只能作“可能性”预判,不能作为临灾判据。

(4) 对于库区 GPS 监测曲线和地质环境条件相似的滑坡,应该引起足够重视,采取实时监测等手段密切注意滑体变形趋势,如奉节县生基包滑坡(图 3)

4.2 人工巡视

曾家棚滑坡失稳的时间点为 2012 年 5 月 31 日~2012 年 6 月 1 日,由于专业监测并非实时测量,该时间段刚刚位于两次测量中间点。接当地群测群防人员通知后,在 5 月 31 日进行了最后一次 GPS 监测及人员撤离后,滑坡发生整体失稳。而最先发现险情并预警的是当地群测群防居民,因此,此次成功的临灾预报得益于群测群防人员的及时发现和处置方式。

在三峡库区,由于高密度的专业监测成本较高,大部分采用长周期的间歇性测量,往往达不到预警和临灾预报的目的,由此催生出了群测群防体系的建设。作为专业监测补充的群测群防工作有如下优势:

首先,只需要前期简单的培训就可以上岗,成本低廉;

其次,巡查人员都来自于当地居民,对周围环境有足够了解,对滑坡的经验性认识往往比专业人员更深入;

再次,由于长期居住于此,可以更加密切的留意

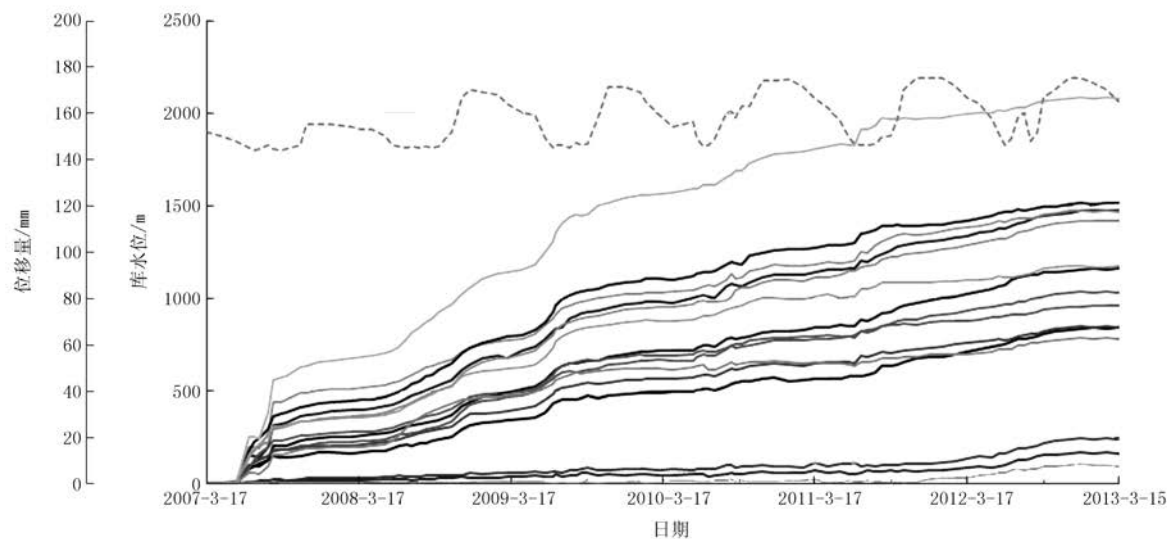


图 3 奉节县生基包滑坡 GPS 曲线图

滑坡的变形情况,在发生异样后,能在尽量短的时间内通知专业人员到现场查勘;

最后,地质灾害,尤其是滑坡体,其变形情况往往具有不可预判性,很难以量化的方式去界定临灾点。滑坡一般都是不规则体,经典的力学和模型推演却都建立在理想化的假设基础之上,很难对滑坡灾害进行成功预警预报,所以,传统的经验判断在监测预警中显得尤为重要。

4.3 其他专业监测方法

4.3.1 深部位移监测

对滑带上部滑体的垂向偏移量连续观测,可以直观的反应滑体内部变形状态,为滑坡预警提供依据。但对部分滑坡有一定局限性:首先,铝合金测斜管在滑坡变形过程中极易被扭曲破坏,实际使用过程中变形初期就出现损坏的情况很普遍;其次,很多滑体和基岩并非理想中的软硬接触,实际埋设过程中很难将底端固定到稳定地层。

4.3.2 滑坡推力监测

测量滑体变形时所产生的水平推力的变化情况,定性和定量判断滑体未来的变形趋势,为预警提供依据,但是其工作原理一直有人质疑其可靠性,到目前为止还没有很好的为预警服务的前例。

4.3.3 自动化

建设无线通讯传输系统,利用移动 GSM 网络、

北斗卫星通讯网络及无线短距数据传输技术传送监测数据,能够及时得到滑坡变形的第一手资料,是目前推广、探索比较多的一个领域,在曾家棚滑坡中没有应用。

5 相似性比较

在三峡库区,通过多年的专业监测,与曾家棚类似的滑坡也有许多,如奉节县的生基包滑坡,生基包滑坡长约 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 $5885 \times 10^4 \text{ m}^3$,涉及 52 户民房,人口约 300 人,滑坡面积和体积都较大,属一级特大型土质顺层—微切层滑坡。滑坡体前缘高程 95 m,后缘高程 390 m,高差 295 m。基岩为三叠系巴东组泥灰岩、灰岩专业。

生基包滑坡监测工作始于 2007 年,为一特大型顺层滑坡,其地质特征与曾家棚滑坡有一定相似性(见表 1),从监测之初到目前为止一直处于持续变形状态(见图 3),目前变形速率趋缓。通过多年的专业监测,通过对比 GPS 监测曲线,可以判定,生基包滑坡目前处于:加速—匀速—减速阶段,由于滑坡有持续的地表水渗入,且滑体前缘处于水库消落带,滑体很可能由稳定蠕变演变为非稳定蠕变、加速变形甚至破坏,如果不采取有效治理措施,生基包滑坡最终有可能会失稳。

表 1 曾家棚滑坡和生基包滑坡相似性比较

滑坡地点	与岩层关系	滑体物质	变形历史	最大变点 位移/mm	主要监测情况	变 形 阶 段	未来趋势
生基包滑坡	顺层—微切层	碎块石土	持续变形	2080	专业监测群测群防	加速—匀速—减速…稳定	失稳或非稳定蠕变
曾家棚滑坡	切层	碎碎石土	持续变形	461	专业监测群测群防	加速—匀速—减速—稳定—失稳	稳定

估体系。该理论不仅能为突发性地质灾害提供应急对策,还能对地震发生后的次生灾害排查提供理论和技术支撑,优化应急指挥救援体系。奎中等研究了GDZ-300L型地质灾害应急抢险快速成功钻机,通过研究表明该钻机能满足滑坡、崩塌应急抢险,快速治理的需要,还能满足在地质灾害救援中生命通道的快速成孔需要,并在重庆武隆的应急救援抢险中得到检验。

4 区域地质灾害评价与风险管理

由于地质灾害的不确定性、隐蔽性、危害大等特点,近年来,地质灾害的评价与风险管理越来越多的被应用到地质灾害防灾减灾中。区域性的地质灾害评价和风险管理,是指以一定面积的区域为基本评价单元,结合该区域内的地质条件、可能存在的地质灾害诱因、人类主要的大型工程活动等,对地质灾害的易发性、发生的时间、空间,造成的损失等进行区域性的评价,并针对评价结论提出风险管理应急方案。张瑛、廖维等对汶川极重灾区的高位泥石流风险评价进行了研究,对10个极重灾区的高位泥石流进行了危险性和易损性评价、评价指标选取及赋值、空间计算及叠加分析。根据评价结果,可以为汶川地震灾区后续的泥石流防治提供一定的依据,也可以作为西南地区震后泥石流风险评价的一种探索。陈欢、李长明等利用层次分析法(AHP)对三峡库区藕塘滑坡进行危险性评价,层次分析法是指将复杂问题作为一个系统,分解成多个目标或准则,进而分解为多指标的若干层次,通过定性指标模糊量化方法计算层次单排序和总排序,以计算结果为目标提

供优化决策的系统方法。根据研究结果,藕塘滑坡的危险度系数为0.56,处于较高危险度。刘长礼、王秀艳等人研究了我国城市地质灾害的风险防控对策。指出目前城市地质工作的不足,缺少全面的调查工作和监测工作。研究结论认为,城市地质灾害的风险控制对策要首先查明情况,做好监测,健全制度,完善法规,最后做好宣传教育工作,提高人类对地质环境保护的意识。

5 结论与展望

通过对本次会议中特邀报告、专题报告的回顾总结可以看出,目前关于地质灾害研究的热点是在理清灾害机理的基础上,注重对地质灾害的早期识别,超前控制,预警预报和监测评价。由此可以看出,今后的地质灾害防治技术将朝着经济高效,环境友好的方向发展。

参考文献:

- [1] 崔鹏,韦方强,等.中国西部泥石流及其减灾对策[J].第四纪研究,2003,(2):142-151.
- [2] 成永刚.近二十年来国内滑坡研究的现状及动态[J].地质灾害与环境保护,2003,(4):1-5.
- [3] 殷跃平.中国滑坡防治工程理论与实践[J].水文地质工程地质,1998,(1):5-9.
- [4] 丛威青,潘懋,等.泥石流灾害多元信息耦合预警系统建设及其应用[J].北京大学学报(自然科学版),2006,(4):446-450.
- [5] 蒋庆丰.山坡泥石流的风险性分析与评价研究[D].重庆:西南师范大学,2002.
- [6] 黄润秋.论滑坡预报[J].国土资源科技管理,2004,(6):15-20.
- [7] 黄润秋.20世纪以来中国的大型滑坡及其发生机制[J].岩石力学与工程学报,2007,(3):433-454.

(上接第51页)

6 地质灾害监测预警建议

(1)对于持续变形滑坡,主要采取群测群防和GPS大地变形(定期或者实时)监测;

(2)对于突发可能性较大,目前处于稳定状态的滑坡宜采取综合监测手段(如奉节县生基包滑坡);

(3)对于突发可能性较小,且短期内处于稳定状态的滑坡以群测群防人工巡视为主;

(4)对于单个滑坡设置相对独立的监测周期,以加强针对性、使资源分配更加合理;

(5)对于危险性较大的、短期内极易发生危害

的滑坡宜尽快采取工程措施进行治理。

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,李永昭.第四纪地质学及地貌学简明教程[M].四川成都:成都理工大学,2004.
- [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] 陈喜昌,等.长江三峡工程库岸类型与稳定性[M].四川成都:四川科学技术出版社,1993.
- [6] 许强.滑坡的变形破坏形为与内在机理[J].工程地质学报,2012,20(2).