

位移监测在滑坡时空运动研究中的应用

靳晓光¹, 王兰生², 李晓红³

(1. 重庆大学土木工程学院, 重庆 400045; 2. 成都理工大学工程地质研究所, 四川 成都 610059;

3. 重庆大学资源及环境科学学院, 重庆 400044)

摘 要: 滑坡时空运动特征是滑坡地质体在内因和外因共同作用下, 自一种状态向另一种状态转化的地质过程。滑坡位移监测是研究滑坡变形影响因素、动态规律及预测预报的主要途径, 特别是滑坡深部位移监测, 又为研究滑坡体的时空运动过程提供了重要信息。本文结合几个滑坡的深部位移监测实践, 综合分析位移监测信息, 研究滑坡体的时空运动特征及发展趋势, 为滑坡时空运动系统研究及稳定性预测提供依据。

关键词: 滑坡; 位移监测; 时空运动

中图分类号: P642.22

文献标识码: A

在滑坡变形监测中, 位移是最主要的参数, 它是滑坡在内因(岩性、构造、地貌、水文、地应力等)和外因(水流冲刷、河(库)水浸泡、降水渗透、冻融作用、地震等自然因素及挖方切割、填弃土加载、地下采空、改变地表水的排泄条件、改变地下水的运动规律、爆破、破坏山坡植被等人为因素)影响下变形发展到一定程度的具体反映。滑坡位移监测信息广泛应用于研究滑坡的产生过程、发育阶段和动态规律, 研究滑坡的主要影响因素、确定滑坡滑动面位置, 研究滑坡的预报方法、检验已成工程的整治效果等几个方面^[1~3], 而用于研究滑坡体空间运动特征的较少。本文结合几个滑坡的具体监测实践, 利用滑坡深部位移监测信息, 在这方面进行分析探讨。

1 滑坡滑动面位置的确定

滑坡滑动面位置的确定, 是研究滑坡体时空运动的基础和前提, 它确定了所研究的对象和范围。从位移监测的角度来讲, 滑坡滑动面位置可通过分析滑坡深部累积位移或相对位移曲线特征来确定^[4], 也可根据滑坡深部位移矢量法进行超前预测^[5], 滑坡滑动面一般分单滑面和多滑面两种情况。滑坡有几个滑动(或潜在滑动)面, 其累积位移或相对位移曲线就有几个明显的位移转折处或波峰。如某滑坡(I[#])主滑方向深部累积位移曲线(图1)显

示, 分别在 14 m 和 10 m 深处有两个较明显的位移转折点或波峰, 表明该滑坡在 14 m 和 10 m 处有两个滑动或潜在滑动面。

2 滑坡时空运动特征研究

2.1 位移-时间特征

综合分析滑坡不同时刻的深部位移监测信息, 研究比较滑体上、下界面位移随时间变化的情况, 从而确定不同滑块之间或单个滑体上、下界面附近的运动特征, 分析滑坡的运动方式、影响因素和变形机制。下面以三个典型滑坡(I[#]、II[#]、III[#])为例, 逐一加以分析。

I[#] 滑坡滑面和孔顶(1.0 m)位移、速率-时间过程曲线如图2所示。可以看出, 滑面处和孔顶位移都呈加速运动, 10.0 m 处滑面和孔顶位移-时间特征及位移速率-时间特征近于一致, 14.0 m 处位移加速度较小。表明 10.0 m 以上滑体呈整体运动, 14.0 m~10.0 m 间滑块运动相对较慢。滑坡有沿 10 m 处首先失稳的可能。

II[#] 滑坡深部位移监测资料显示, 滑坡有三个较明显的滑动面, 各滑动面主滑方向(RX 方向)的位移、速率-时间过程曲线如图3所示。可以看出:

1. 在监测时段(1999-07-03~2000-03-32)内, 前 60 d 33.5 m、29.5 m 两滑面处位移变化一致,

收稿日期: 2001-11-30; 改回日期: 2002-06-30。

基金项目: 中国博士后科学基金中博基([2001] 5 号)资助项目。

作者简介: 靳晓光(1967-), 男, 山东宁津人, 博士后, 副教授。主要从事地下工程、道路工程、边坡工程及地质灾害防治等方面的教学与研究工作。

©1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

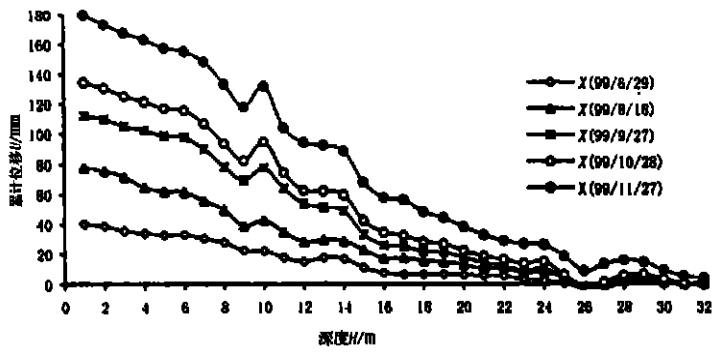


图1 I[#]滑坡主滑方向(X方向)深部累积位移曲线

Fig. 2 Curve of main slide direction(X) deep accumulation displacement of I[#] landslide

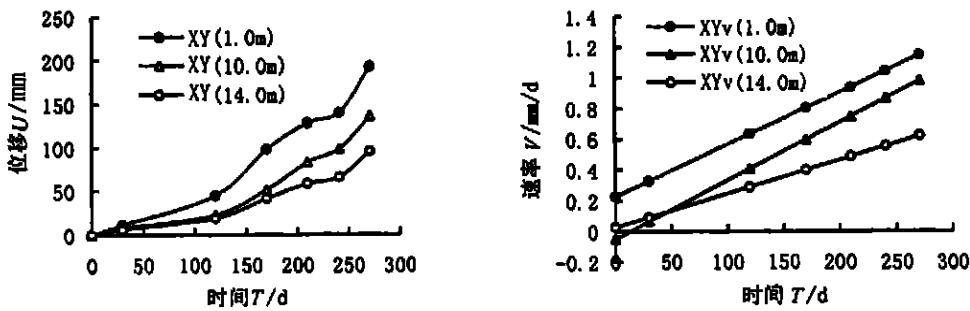


图2 I[#]滑坡滑面和孔顶的位移、速率—时间过程曲线

Fig. 2 Curve of displacement and speed rate — time of I[#] slide at slip plane and hole top

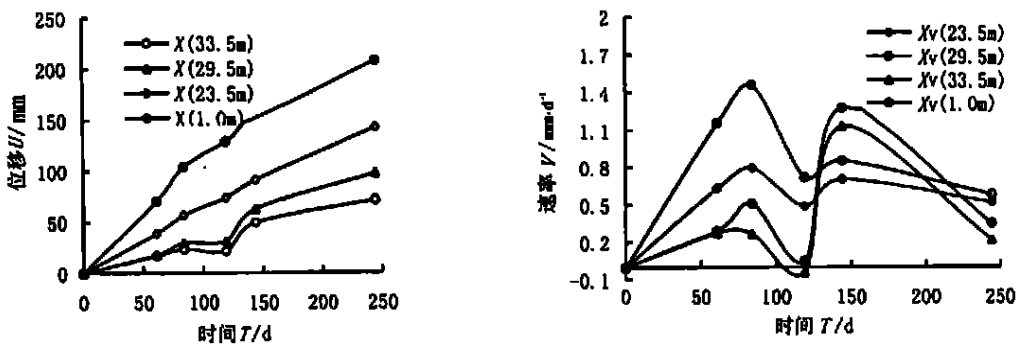


图3 II[#]滑坡滑面和孔顶位移、速率—时间曲线

Fig. 3 Curve of displacement and speed rate — time of II[#] slide at slip plane and hole top

且其位移速率 $< 23.5\text{ m}$ 处和孔顶的位移速率,表明这段时间内,33.5 m和29.5 m处的滑面还不明显。

2. 至第85 d,位移速率达到阶段极大值,以后位移速率减小。

3. 自监测第120 d起,各滑面及孔顶位移速率发生明显的变化,其位移速率情况为 $V_{(29.5\text{m})} >$

$V_{(33.5\text{m})} > V_{(1.0\text{m})} > V_{(23.5\text{m})}$,表明各滑块相对运动特征发生了明显的变化,中间滑块运动加快。

4. 监测第145d以后位移速率减小,下部两滑面位移速率减小幅度较大。

分析II[#]滑坡各滑面的位移—时间特征,主要与地下水的变化特征有关¹⁾。

1) 靳晓光. 山区公路建设中的岩土工程监测与信息化控制[D]. 成都理工大学博士论文, 2000.

III[#] 滑坡深部累计位移监测曲线(1999—02—02~1999—10—02)显示, 滑坡有一个明显的滑动面。1999—02~06, 孔顶(1.0 m)、潜在滑动面(19.0 m)处的位移及位移速率都不大(图 4)。自 1999—07 起位移开始增大, 9 月份位移速率急剧增大。至 9 月底, 由于位移太大, 测斜管在 19 m 处剪断。同时还可以看出, 滑面处位移和位移速率都比孔顶大, 与其它监测孔明显不同。结合地质结构及地下水特征进一步分析发现, 这主要与滑面附近富集地下水有关, 滑坡沿滑面富水地带塑流滑动, 滑面处位移速率大于孔顶位移速率, 使滑体在运动过程中上部呈现出向后相对倾倒的特征。

2.2 滑体空间运动特征

研究滑坡体的空间运动特征, 一是通过分析地表不同监测点和不同监测孔深部(相同深度或不同深度)位移矢量(相同时刻或不同时刻)的变化, 从整

体上确定滑坡体的主运动或主滑动方向以及运动轨迹; 二是通过分析滑坡滑动面和孔顶处不同时刻位移矢量的变化, 从较小的空间域再现单个滑体或滑体内部各个滑块的运动或相对运动径迹。这里主要从滑坡深部位移监测孔较小的空间域进行研究。

分析上述 I[#]、II[#] 滑坡滑面和孔顶处位移矢量—时间曲线(图 5、图 6), 可以看出: I[#] 滑坡 1999 年 2~3 月, 孔顶与下部滑面运动方向比较一致, 为 S16°E~S23°E, 上部滑面矢量方向为 S; 4~9 月, 滑体运动方向发生了较大的向东偏转, 且各滑面及孔顶运动矢量方向近于一致。II[#] 滑坡前期(1999—07—03~09—25)23.5 m 和 33.5 m 处位移矢量方向一致, 为 S31°W~S38°W; 后期最下部滑面位移方向发生了偏移, 转为 S26°W。反映了各滑块在沿 SW 总体方向运动过程中各自运动的“步”形轨迹。

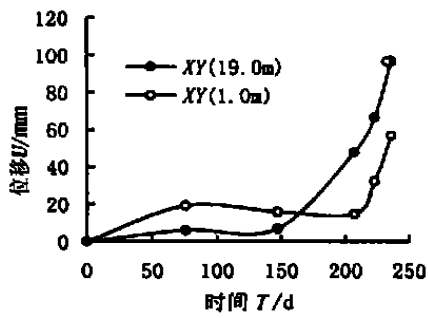


图 4 III[#] 滑坡滑面和孔顶的位移、速率—时间曲线

Fig. 4 Curve of displacement and speed rate — time of [#] III slide at slip plane and hole top

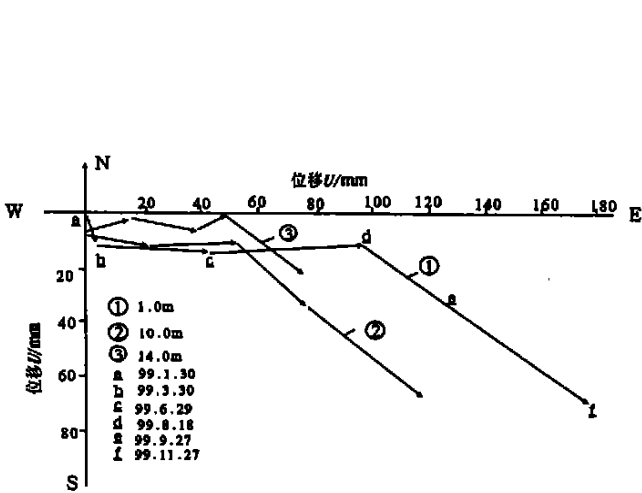
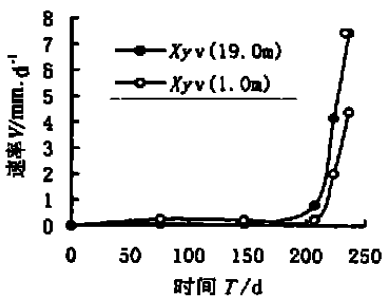


图 5 I[#] 滑坡位移矢量—时间曲线(E、W、S、N 分别代表东西南北方向)

Fig. 5 Curve of displacement vector — time of [#] I landslide

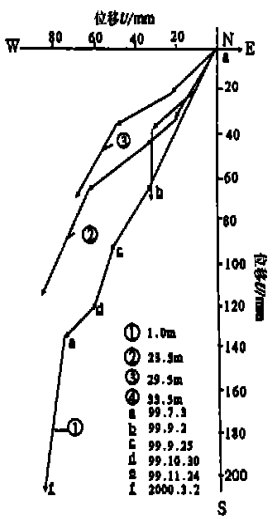


图 6 II[#] 滑坡位移矢量—时间曲线

Fig. 6 Curve of displacement vector — time of [#] II landslide

2.3 滑坡运动概化模型

根据上述滑坡体的时、空运动特征,可总结出其运动概化模型: I[#] 滑坡的变形特征呈“V—D”型^[4,5],底部位移很小,上部位移较大,中部滑动面特征尚不明显,但随着时间推移和滑坡内、外因素的变化,滑坡在最薄弱的部位形成滑动面。II[#] 滑坡变形特征呈“B”型,滑坡有几个较明显的滑面,滑坡在沿岩土体多层滑面运动的同时,以其中一个或两个滑面相对运动为主,滑坡呈解体式破坏。III[#] 滑坡变形呈“D”型或“椅子”型,滑坡只有一个明显的滑动面,滑面以上滑体呈整体运动,且位移较大,滑坡有沿该滑面失稳破坏的趋势。滑坡运动概化模型为研究滑坡(体)的运动或相对运动特征以及可能的破坏方式提供了分析依据。

3 结论

(1) 滑坡深部位移监测是研究滑坡时空运动的重要途径。(2) 滑坡深部累积位移或相对位移曲线

特征,为确定滑坡滑动面位置提供了信息。(3) 滑坡不同时刻各滑面及孔顶处的位移、速率—时间特征及位移矢量—时间特征为研究滑坡时、空运动提供了资料和依据。因此,在重大或关键滑坡的监测过程中,不仅要进行深部位移监测,而且还要加强对监测资料的综合分析,提取更多、更有价值的滑坡运动信息,为滑坡预测预报和整治工程设计、施工提供科学依据。

参考文献:

- [1] 马永潮. 滑坡整治及防治工程养护[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1996.
- [2] 张倬元、王士天、王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [3] 李晓红, 靳晓光, 亢会明等. GM(1, 1) 优化模型在滑坡预测预报中的应用[J]. 山地学报, 2001, 19(3): 265~269.
- [4] 靳晓光, 王兰生, 李晓红. 滑坡滑动面位置的确定及超前预测[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2001, 12(1): 10~12.
- [5] 靳晓光, 李晓红, 王兰生, 等. 滑坡深部位移曲线特征及稳定性判识[J]. 山地学报, 2000, 18(5): 440~444.

Application of Displacement Monitoring in Study on Space-time Movement of Landslide

JIN Xiao-guang¹, WANG Lan-sheng² and LI Xiao-hong³

(1. College of civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045 P. R. China;

2. Institute of Engineering geological of Chengdu University of technology, Chengdu 610059 P. R. China;

3. College of Resource and Environment Science, Chongqing University, Chongqing 400044 P. R. China)

Abstract: The feature of landslide time-space movement was a geological process of landslide geological mass from a state to a other state under internal and external factors action. Displacement monitoring of landslide deformation is a main way in study on influence factor, dynamic principle and forecasting. Particularly, deep displacement monitoring of landslide provided important information to study space-time motion process of slide volumes. This paper combined deep displacement monitoring practice of several landslides, based on synthetical analysis of displacement information, Space-time motion characters and developing trend of slide were analysed. It provided foundation to systematic study space-time motion and forecast stability of landslide. Characters of landslide deep accumulative or relative displacement curve provide information of confirming slide plane position. Displacement, speed rate-time and displacement vector-time characters of landslide slip plane and hole top at several times had provided data and dependence for study landslide time and space movement.

Key words: landslide; displacement monitoring; space-time motion