

渝宜高速公路张家坪滑坡监测及稳定性评价

徐宏武

(招商局重庆交通科研设计院有限公司, 重庆 400067)

摘要: 简介渝宜高速公路张家坪滑坡体运行期情况, 采用深部位移、表面位移、重点部位位移及桥梁上下部偏移对张家坪滑坡运行期进行长期监测, 并根据监测数据、坡体巡查、边坡变形发展趋势分析及边坡安全预警标准对滑坡体稳定性进行评价, 为边坡安全运营提供基础资料。

关键词: 滑坡; 表面位移; 深部位移; 监测

文章编号: 1009-6477(2010)05-0024-05

中图分类号: U416.1'63

文献标识码: A

Monitoring for Landslide and Evaluation for Stability of Zhangjiaping on Chongqing—Yibin Expressway

XU Hongwu

渝宜高速公路张家坪滑坡位于重庆市万州区分水镇与梁平县曲水乡交界处。滑坡体纵向长度约 1 km, 沿路线走向长约 340 m。渝宜高速公路在滑坡中前部以路基挖方和桥梁的形式通过, 路基中心最大挖深为 11 m, 填坡高约 20 m, 张家坪一号大桥大部分墩柱处于该滑坡体上。2001 年初—2002 年 4 月, 受路基局部开挖影响, 张家坪滑坡体有局部小变形; 2002 年 4 月—2003 年 7 月, 该滑坡体受路基全面施工开挖影响, 滑坡变形加剧, 处于整体变形阶段, 变形速率快。建设方在此期间对滑坡进行了抗滑处理, 加了多个抗滑桩。随着抗滑工程的完工, 该滑坡体变形开始减缓。

1 张家坪滑坡体病害情况

2001 年 7 月—2004 年 12 月中铁西北科学研究院有限公司对张家坪滑坡深部位移进行了动态监测, 由监测资料可知, 该滑坡体中前部基本稳定, 后部处于挤密阶段。但到 2007 年, 位于张家坪滑坡中前部的张家坪一号大桥, 少数桥墩柱出现环形裂纹, 见图 1。实际情况是, 2005 年 1 月—2007 年 10 月, 张家坪一号大桥处于张家坪滑坡体中前部, 而滑坡体中前部仍处于挤密阶段, 滑坡体的发展给桥梁的安全运行带来了极大威胁, 故 2008 年对环形裂纹相对较重的 2 个墩柱进行了加固处理。

张家坪滑坡体是否还在进一步发展以及发展趋势如何, 对张家坪一号大桥的安全稳定有重大影响。若出现边坡失稳破坏现象, 则对张家坪一号大

桥桥梁造成的危害及影响巨大。因此, 对张家坪滑坡和张家坪一号大桥工后运营期进行长期深部、表面及重点部位的位移动态监测, 意义重大。

2 张家坪滑坡监测

2.1 监测目标

张家坪滑坡监测主要针对张家坪滑坡体和张家坪一号大桥运营期进行长期监测。

2.1.1 张家坪滑坡体

通过对运营过程中边坡深部位移动态监测、地表位移动态监测、重点部位临时位移监测和水文监测, 了解和掌握张家坪一号大桥所处的张家坪滑坡体中前部稳定状况, 以及滑坡体对张家坪一号大桥的影响。结合位移数值及位置判断边坡的稳定性, 并结合降雨资料和现场水文观察来分析变形及病害原因, 以对病害处理提供参考资料。

2.1.2 张家坪一号大桥

对张家坪一号大桥各主要桥墩柱进行纵横向偏



图 1 张家坪一号大桥桥墩环向裂纹

收稿日期: 2010-06-05

作者简介: 徐宏武(1968-), 男, 重庆市人, 本科, 高工。

移监测,详细了解墩柱是否偏移。对该大桥主要梁进行观察,详细了解有无开裂及裂纹发展趋势,并对主要梁上部桥面的偏移和沉降进行监测,以便详细了解张家坪一号大桥的安全影响情况,对桥梁安全运行评价提供参考资料。

2.2 监测点布置、观测仪器及方法

2.2.1 滑坡体监测点布置

由于受具体环境、地形条件及通视条件的限制,张家坪滑坡体监测共布置3个基准点、14个深部位移监测孔、32个表面位移及重点部位位移监测点。各监测点平面布置见图2。

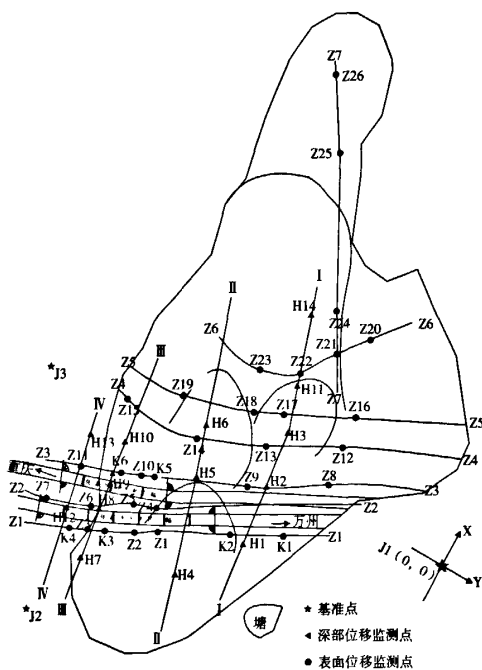
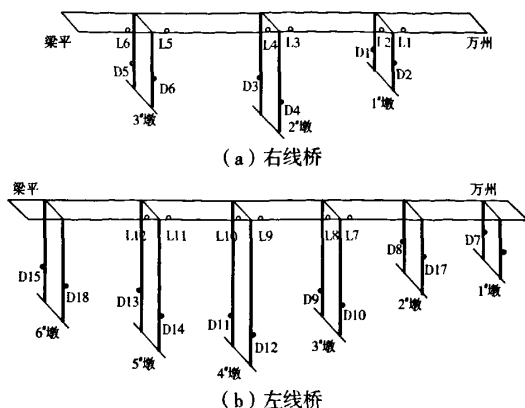


图2 滑坡体各监测点平面布置

在张家坪滑坡体外的稳固、可靠、通视、不易受到破坏的地方埋设3个基准点,编号为J1~J3;滑坡体14个深部位移监测孔布置在I-I、II-II、III-III和IV-IV 4条沿张家坪滑坡主滑面(即线路的横断面)测线上,编号为H1~H14;滑坡体32个表面位移监测点及重点部位位移监测点有29个监测点布置在Z1-Z1、Z2-Z2、Z3-Z3、Z4-Z4、Z5-Z5和Z6-Z6共6条沿线路纵向测线上,3个监测点布置在滑坡体上与I-I横断面测线近似平行的测线Z7-Z7上,监测点编号为K1~K6、Z1~Z26。

2.2.2 张家坪一号大桥监测点布置

监测点布设时,受到现场地理环境、桥梁高度、行车及通视条件限制,张家坪一号大桥各偏移



注:“L”、“D”分别代表梁、墩监测点。

图3 张家坪一号大桥偏移监测点设置示意

监测点设置见图3,采用粘贴反光片布置。

桥梁下部结构监测点在桥的左右幅每墩柱上布设1点,分别为D1~D18监测点;桥梁上部结构监测点在桥左幅3#、4#、5#和桥右幅1#、2#、3#各墩梁上桥栏接缝两边布设,分别为L1~L12监测点。

2.3 观测仪器及方法

坡面位移监测采用高精度全站仪和与之配套的强制对中视牌等,分别从基准点出发,测量各监测点相对基准点的X、Y、Z坐标;水平位移按2级变形观测的精度要求进行,即要求监测点坐标中误差控制在 ± 3.0 mm以内。根据变形监测要求,基准点、表面位移监测点、重点部位位移监测点及桥梁上下部偏移监测点,采用布设的基准点建立了一个独立监测坐标系。该独立系统是假设其中一个基准点J1为坐标原点,即其X、Y、Z坐标为(0, 0, 0),以J1~J2方向为坐标270°方向建立的,如图2所示。图中X方向近似主滑面方向,Y方向近似路线纵向方向。

深部位移采用高精度位移监测仪(即测斜仪)进行监测。测斜仪主要由监测探头、电缆及数据接收仪3部分组成,通过与埋设在坡体内的带有4个槽口的测斜管来探测由于地层移动而引起不同深度部位倾斜程度。滑坡体不同深度位移的监测,是通过不同时期所测得的深孔测斜数据与第1次所测的数据进行比较运算,来获取该孔不同深度不同时期的位移变化情况。

3 监测准备及现场监测

3.1 监测准备

2008年1月—3月初,按渝宜高速公路张家坪

滑坡监测方案要求,并根据具体地形及基准点通视条件限制,在滑坡体外布设 3 个基准点,基准点均为钢筋混凝土浇筑的强制对中梯形墩,梯形墩埋入地面下 0.5 m;在张家坪滑坡边坡中部、中前部和中后部布设了 14 个深部位移监测孔,在各孔成孔后,立即埋设安装测斜管,并给管周进行灌浆密实,以避免监测过程测斜管的晃动及测斜管由于后期的逐渐密实过程产生移动被误测为边坡体的变形;在张家坪滑坡边坡中部、中前部和中后部布设了 32 个表面位移观测点(其中有 13 个位于抗滑桩上),深部位移监测孔均进入完整基岩 6 m 以上,表面位移监测点为钢筋混凝土浇筑的强制对中方形墩;在张家坪一号大桥桥梁上部护栏边布设 12 个监测点,桥梁下部墩柱上布设 18 个监测点,均为粘贴的反光片。

3.2 现场监测

各监测点布设好后,2008 年 3 月 17 日—2010 年 4 月 15 日,共进行了 12 次监测。现场部分监测情况见图 4、图 5。

4 监测结果

4.1 滑坡深部位移监测结果

由 14 个深部位移监测孔 12 次监测结果可知,每次监测相对上次监测及相对第 1 次监测(即初始测试)而言,变化相对较大的 8* 孔和 11* 孔最大日



图 4 现场深部位移监测



图 5 现场表面位移监测

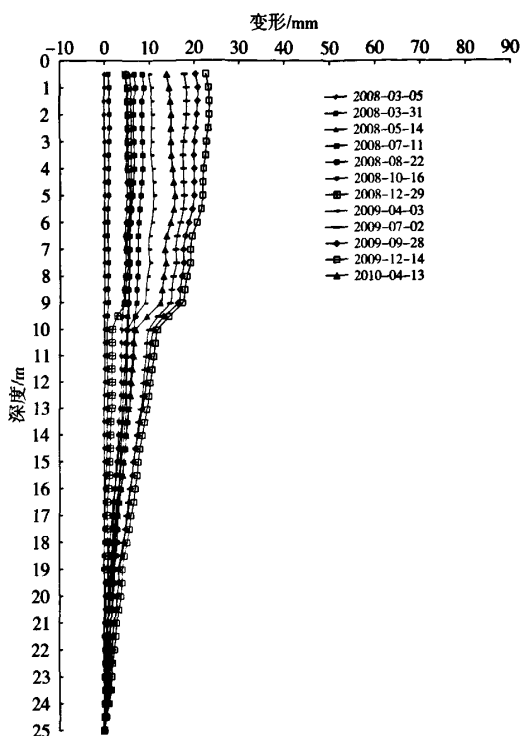


图 6 8* 孔主滑方向深部位移变化曲线

变形量不足 0.1 mm,其余各监测孔的最大日变形量远远小于 0.1 mm。图 6 为 8* 孔主滑方向深部位移变化曲线。另外,所有监测孔的最大位移均发生在坡面,均沿孔深从孔底到坡面逐渐增大,呈渐变型,没有位移突变现象发生。从滑坡区地下水位埋深监测结果看,在所监测的 14 个孔中,地下水位有增有减,但变化幅度均很小。

4.2 表面位移监测结果

根据地表变形观测数据,将每次监测结果相对上次监测和第 1 次监测结果作比较,得出:滑坡表面位移监测点及重点部位位移监测点水平位移变形量不大,最大累积水平位移发生在 Z22 点,其值为 7.0 mm,但其平均日变形量均远远小于 0.1 mm;各观测点的沉降量,最大累积沉降点发生在 Z15 点,其值为 -5.75 mm,其平均日变形量均远远小于 0.1 mm。表 1 为部分表面位移点第 12 次相对于第 11 次和第 1 次水平位移和沉降监测结果。

4.3 桥梁监测结果

根据桥梁不同部位变形观测数据,将每次监测结果相对上次监测和第 1 次监测结果作比较,得出:桥梁上下部结构位移监测点偏移变形量均不大,最大累积水平位移发生在 D7 点,其值为 6.75

表 1 部分表面位移监测点第 12 次相对于第 11 次和第 1 次监测结果

监测点编号	第 12 次相对于第 11 次位移量 /mm			第 12 次相对于第 1 次即总累计位移量 /mm		
	ΔX	ΔY	ΔZ	$\Sigma \Delta X$	$\Sigma \Delta Y$	$\Sigma \Delta Z$
K1	5.4	0.4	-2.2	3.9	0.4	-3.7
K3	3	-4	-2	2.25	-1	-3.75
K4	1.5	-3	-2	2.0	-3.5	-3
Z2	3	-3	-1.5	3.5	-4	-4.0
Z3	5.5	-3.5	0	1.5	-1.0	0.25
Z15	3.0	-2.0	-1	4	-5.25	-5.75
Z18	5.5	2	-1.0	3.75	5.5	-4.5
Z19	5.75	-0.75	5	3.75	2.0	4.0
Z22	4.5	-0.5	5.0	7.0	7.0	-2.5
Z25	6	2	4	5.0	6.5	5.25
Z26	5.5	-1	2.5	3.75	5.5	1.0

注：第 1 次监测，2008 年 3 月 17—19 日；第 11 次监测，2009 年 12 月 5—6 日；第 12 次监测，2010 年 4 月 12—14 日。

表 2 桥梁上下部部分监测点第 12 次相对于第 11 次和第 1 次监测结果

监测点编号	第 12 次相对于第 11 次位移量 /mm			第 12 次相对于第 1 次即总累计位移量 /mm		
	ΔX	ΔY	ΔZ	$\Sigma \Delta X$	$\Sigma \Delta Y$	$\Sigma \Delta Z$
L1	1.5	-3	1.0	4.0	-4.5	-3.25
L2	2.0	-4	4	3.0	-2.25	1.5
L3	-0.5	1	-6	1.1	2.2	-5.8
L4	1	-1	-1.5	4	3	-5.25
L12	5.5	1	1.5	0.0	5.5	-5.5
D3	3	-2	1	-1.25	4	-5.5
D4	3.5	-1	5.5	1.75	5.75	-0.5
D6	3.5	-1	-2	5.5	4.25	-5.5
D7	2	1	1.5	5.5	6.75	0.25
D17	5	-1.5	-1.5	3.0	4.75	-3.75
D18	5.5	-3.5	6.5	1.75	-5.75	1.0

注：首次监测，2008 年 3 月 17—19 日；第 11 次监测，2009 年 12 月 5—6 日；第 12 次监测，2010 年 4 月 12—14 日。

mm，但其平均日变形量均远远小于 0.1 mm；桥梁上下部各观测点的沉降量，最大累积沉降点发生在 L3 点，其值为 -5.8 mm，其平均日变形量均远远小于 0.1 mm。表 2 为桥梁上下部部分监测点第 12 次相对于第 11 次和第 1 次水平位移和沉降监测结果。

近 2 年对滑坡体及大桥结构进行了长期巡查，坡体未新见明显的开裂和滑动，桥梁上下部结构也未新见明显的开裂和变形。可见，2008 年对桥梁墩柱的加固效果较明显。

5 张家坪滑坡稳定性评价

万方数据

由于所有边坡的变形发展过程均遵循减速蠕变阶段→等速蠕变阶段(弱变形)→加速蠕变阶段(强变形)→剧速蠕变阶段(临滑阶段)的发展规律(图 7)，因此，根据该规律，通过对边坡变形数据进行整理分析，可评判边坡目前所处的发展阶段，从而对其安全状态进行评判。

另外，为保证监测结果能直观反映该滑坡工程的稳定安全状态，项目组根据相关地勘资料、设计文件及技术规范的要求，并根据以往类似工程的工作经验及对多个专家的咨询意见，建立了该滑坡工程监测的预警标准，如表 3 所示。

表 3 张家坪滑坡监测预警标准

项目	等		级	
	1	2	3	4
位移	连续 2 次 < 1 mm/d	连续 2 次 ≥ 1 mm/d	连续 2 次 ≥ 3 mm/d	连续 2 次 ≥ 5 mm/d
外观	无明显迹象		坡面、坡顶有局部裂缝	坡面、坡顶已产生严重裂缝

注：1 为安全级，表示该滑坡处于安全稳定状态；2 为预警级，应引起施工单位和业主的注意；3 为危险级，监测单位应加密监测频率(监测频率应由原计划的 1 次 /15 d 调整为 1 次 /7 d)，并通知业主；4 为高度危险级，表示该滑坡随时有可能发生破坏失稳现象，并及时采取安全加固措施，监测频率应随之调整为 1 次 /d，并以书面形式(险情监测报告)通知业主。

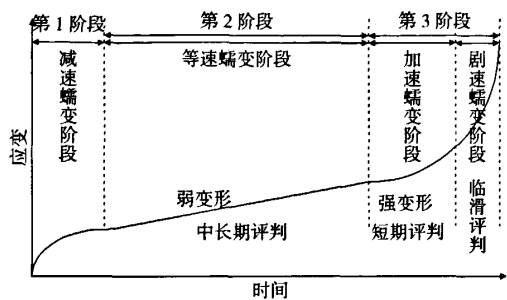


图 7 边坡变形全过程分段(3 阶段)评判方法示意

对该滑坡体多项监测内容及监测数据进行了整理，根据监测结果及坡体巡查，以及对该滑坡变形发展的趋势分析，并结合针对该滑坡建立的边坡安全预警标准及边坡变形发展过程理论，可以判断该滑坡现阶段未发生较大变形，处于安全稳定状态。

6 结语

本文采用深部位移、表面位移、重点部位位移及桥梁上下部偏移监测对渝宜高速公路张家坪滑坡进行运营期长期监测，并根据监测数据、坡体巡查、边坡变形发展趋势分析及边坡安全预警标准对张家坪滑坡体稳定性进行评价，其方法是可行的，并取得明显效果。

在进行长期监测时，需仔细巡查边坡的变化情况，特别是大雨暴雨季节阶段，下大雨暴雨时要特别注意观察边坡的变形情况，时刻注意是否有险情，若有异常，应及时通知并报告相关单位，以便采取相应抢险措施，确保工程安全。

参考文献

[1] 刘涌江,徐宏武,等. 渝宜高速公路长万段张家坪滑坡变形监测报告第 1 至 12 期[R]. 重庆:重庆公路工程检测中心,2008.

[2] 应向东. 黄腊石滑坡深部位移监测分析[J]. 长江科学院院报,2000(2):54-56.

[3] 李 炼. 深部位移监测在边坡稳定性研究中的作用[J]. 土工基础,1998(2):1-4.

[4] 孙 洋. 滑坡地表位移监测及其发展现状[J]. 中国商界(下半月),2009(6):312-313.

[5] 全达伟,张平之,吴重庆,等. 滑坡监测研究及其最新进展[J]. 传感器世界,2005(6):10-14.

[6] 刘光代. 滑坡位移观测简介[J]. 路基工程,1990(3):42-48.

[7] 王恭先. 滑坡测试方法综述(上)[J]. 铁道建筑,1980(2):4-7.

[8] 王恭先. 滑坡测试方法综述(下)[J]. 铁道建筑,1980(3):18-21.

作者：[徐宏武](#)，[XU Hongwu](#)
作者单位：[招商局重庆交通科研设计院有限公司, 重庆, 400067](#)
刊名：[公路工程技术](#) [ISTIC](#)
英文刊名：[TECHNOLOGY OF HIGHWAY AND TRANSPORT](#)
年，卷(期)：2010，(5)
被引用次数：0次

参考文献(8条)

1. 刘涌江, 徐宏武, 等. 渝宜高速公路长万段张家坪滑坡变形监测报告第1至12期[R]. 重庆: 重庆公路工程检测中心, 2008.
2. 应向东. 黄腊石滑坡深部位移监测分析[J]. 长江科学院院报, 2000(2): 54-56.
3. 李炼. 深部位移监测在边坡稳定性研究中的作用[J]. 土工基础, 1998(2): 1-4.
4. 孙洋. 滑坡地表位移监测及其发展现状[J]. 中国商界(下半月), 2009(6): 312-313.
5. 全达伟, 张平之, 吴重庆, 等. 滑坡监测研究及其最新进展[J]. 传感器世界, 2005(6): 10-14.
6. 刘光代. 滑坡位移观测简介[J]. 路基工程, 1990(3): 42-48.
7. 王恭先. 滑坡测试方法综述(上)[J]. 铁道建筑, 1980(2): 4-7.
8. 王恭先. 滑坡测试方法综述(下)[J]. 铁道建筑, 1980(3): 18-21.

相似文献(5条)

1. 期刊论文 [张勇慧](#), [李红旭](#), [盛谦](#), [郭凯](#), [李志勇](#), [岳志平](#), [ZHANG Yong-hui](#), [LI Hong-xu](#), [SHENG Qian](#), [WU Kai](#), [LI Zhi-yong](#), [YUE Zhi-ping](#) 基于表面位移的公路滑坡监测预警研究 - 岩土力学 2010, 31(11)

公路滑坡是常见的地质灾害, 但对运营期公路边坡进行长期监测并成功预警的实例却很少. 主要原因是公路边坡点多、线长、规模小、缺乏详细的地质勘探资料、监测费用高、预警难度大. 利用拉索触发式何移计对滑坡表面位移进行监测, 精度可达1mm, 通过电信的GPRS公网实时传送到远程监控中心, 全程自动化, 且费用低. 同时, 利用有限元商用软件PLAXIS的强度折减模块和塑性分析模块对不同参数组合进行计算, 在缺乏滑坡岩土体强度参数、渗透系数、土-水特征曲线等资料的情况下, 建立滑坡安全系数与表面监测位移的关系, 从而通过表面位移量的变化进行阶段性预警, 并制定相应的预防措施. 提出的方法已在湘西某高速公路滑坡获得应用.

2. 期刊论文 [J·A·吉利](#) 全球定位系统技术在滑坡监测中的应用 - 水利水电快报 2001, 22(10)

探讨高效率、高理论精度的全球定位系统(GPS)新方法(快速静态及实时动态)在滑坡监测实践中的应用情况, 并讨论了GPS监测滑坡表面位移的适用性. 介绍了GPS设备在西班牙比利牛斯山脉东部Vallcebre滑坡中的应用情况. 在26个月中, 用静态及动态GPS进行了14次测量. GPS测量结果与EDM、倾斜仪及金属丝伸长仪测量结果作了对比, 并对照固定的稳定点进行了检核. GPS测量精度在水平方向上为12~16mm, 垂直方向上为18~24mm.

3. 学位论文 [毛伟民](#) 天台乡滑坡降雨启滑机制三维数值模拟 2008

四川省宣汉县天台乡滑坡是典型的缓倾角红层基岩顺层滑坡, 此滑坡发生在侏罗系遂宁组红层中, 滑面倾角仅7°~10°。重力沿平行滑动面的分力很小, 与滑面抗剪强度相比较, 无法合理解释其启滑机制. 所以, 其形成必定有着特殊的地质背景. 要解释它的成因机制、必须对其蠕滑机制展开细致的研究.

论文以天台乡滑坡为研究对象. 在研究过程中, 首先广泛收集前人勘查资料, 内容包括地形地貌、地层岩性、地质构造、气象水文、地形等高线图等等, 并进一步开展对天台乡滑坡的野外调研, 了解滑坡治理的情况, 同时采取泥岩定向样品, 在室内浸水条件下进行剪切蠕变试验, 研究泥岩软化作用. 然后在野外调研、室内试验结果以及前人勘察、研究成果基础上, 对滑坡影响因素进行分析. 最后采用FLAC3D软件对整个蠕滑过程进行三维数值模拟。

采用FLAC3D软件进行分析时, 首先建立滑前斜坡地质模型, 即对勘查报告中提供的滑坡剖面进行滑前恢复, 确定地质模型的材料性质; 结合已有的等高线图, 确定地质模型范围和材料厚度; 根据滑坡影响因素分析, 确定地质模型所经历不同的外部环境. 然后在地质模型基础上, 对模型进行量化建立计算模型. 紧接着充分搜集模型材料力学参数, 并结合试验结果, 选取合适的模型参数进行模拟, 并对模拟结果进行验证. 最终在验证结果基本一致的基础上, 分析蠕变特征.

通过以上研究工作, 并结合模拟结果得出以下结论:

(1) 经过数次的现场勘测、调研工作, 并对天台乡滑坡勘查报告中提供的纵剖面进行滑前恢复, 结果表明天台乡滑坡滑前斜坡体地层岩性组合由上至下依次为第四纪松散堆积体、侏罗系中统遂宁组(J2sn)泥岩(强风化、中风化)、砂岩(中风化), 滑坡区域内对泥岩样品的采取比较困难, 易碎、局部夹杂较多的铁锰质氧化物。

(2) 对采集的泥岩样品进行室内直接剪切试验和剪切蠕变实验研究, 得出天然状态下的泥岩剪切强度为: $c=0.998\text{MPa}$, $(\phi)=31.42^\circ$; 泥岩在剪切变形中瞬时变形占很大部分, 而蠕变只占很小部分. 剪切蠕变随剪应力的提高而增大. 在低应力水平下, 岩石表现为稳定型蠕变; 在较高应力水平下, 表现为亚稳定型蠕变; 当应力水平足够高时, 则表现为非稳定型蠕变; 其饱和状态下的长期强度为: $C_{\infty}=0.778\text{MPa}$, $(\phi)_{\infty}=24.51^\circ$ 。

(3) 根据文中计算模型模拟结果显示, 滑坡滑前三维地质模型在赋加初始应力后, 在工况 I (旱季或降雨量较小) 条件下模型整体基本上是稳定的; 当强降雨发生后(工况 II), 变形区显现, 滑坡发生, 与实际情况一致, 从而确定强降雨导致滑坡产生的主要诱发因素。

(4) 文中滑坡发生后斜坡体表面位移特征与野外调研结果一致, 进而分析得出斜坡体前缘和陈家院子一带发生下滑主要受地质构造方面的影响, 长时间强降雨和地下水位抬升浸泡诱发其滑动; 松林包至马家祠堂一带发生滑动是地质构造和降雨共同作用的结果; 由于滑坡中前部相继发生滑动, 后部失去支撑而导致中大坪一带形成后缘裂隙; 由此形成的三个明显变形区域呈阶梯状分布, 且存在若干次级滑动面, 因此天台乡滑坡是典型的牵引式滑坡。

(5) 对模拟结果进行论证得出, 天台乡滑坡降雨启滑机制三维地质原始模型的建立是成功的, 采用FLAC3D软件建模, 后处理功能好, 可视性强。

4. 期刊论文 [何皎云](#), [张世雄](#) 露天矿不采区边坡位移监测及滑坡预报研究 - 矿业安全与环保 2006, 33(6)

对平朔煤炭工业公司露天矿不采区的表面位移监测资料进行了分析, 结合位移速率与实际工程的变形破坏情况, 能准确地判定边坡的变形阶段, 评价和预测使用过程中边坡的稳定状况。

5. 学位论文 [陈晓雪](#) [基于三维激光影像扫描系统的边坡位移监测预测研究](#) 2008

本研究运用ILRJS36D三维激光影像扫描系统对山西省平朔市安家岭露天矿坑边坡进行六个周期的连续监测, 应用Polyworks8.0软件对三维点云数据进行处理, 并监测到了研究区在一段时间内表面位移的变化情况, 为研究滑坡体的边界条件、滑动方向、发生时间及危害性提供了数据基础, 真正实现了多参数与多测点监测, 高精度、远程实时获取信息的功能。

研究结果表明, 由三维激光影像扫描系统进行边坡监测具有很好的效果, 由误差图分析得出被监测边坡总体变形比较平缓, 最大位移量为厘米级别, 这些地区是由于采挖量较大导致边坡位移加速; 而采挖量小的地区位移变化较小, 目前比较平稳, 暂时不会有滑坡的趋势。

由分维计算方法得到的标识物中心点坐标三维位移的分维值D和由时间序列分析方法得到的H指数值均在1左右, 相关系数均达到0.9以上, 说明研究区边坡标志点位移变化比较平稳; 同时应用灰色预测方法建立的边坡标志点位移预测模型精度非常高, 其后检验比均小于0.35, 绝对关联度均大于0.9, 可以应用于今后长期的边坡控制点三维坐标位移预测当中。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gljtjs201005006.aspx

授权使用: 北京理工大学(北京理工大学), 授权号: ec4cf111-1ffc-4430-ae59-9ea100b84a70

下载时间: 2011年3月9日