

# 引张线在杭金衢高速公路滑坡监测中的应用

陈 斌 林 森

浙江杭金衢高速公路有限公司,杭州,31004

**摘 要:**杭金衢高速公路 K103 滑坡在采取了一系列的加固措施以后,滑坡已经基本处于稳定状态,但是根据计算该滑坡的安全系数仍然没有达到设计要求的 1.20。因此,加固措施完成以后,采用引张线来监测滑坡体的位移,建立无线传输实时远程监控系统,为滑坡的变化发展提供预警预报,同时为滑坡的进一步治理提供决策依据。引张线监测系统建立以后,可实现不间断的实时远程监控,不到现场即可接收监测数据,通过分析处理及时掌握滑坡的发展动态,做出预警预报。

**关键词:**高速公路 滑坡 引张线 监测

## 1 工程概况

杭金衢高速公路 K103 滑坡位于义乌市后宅街道三里店村,向南距义乌出口约 2km。滑坡所在区域的原始地形自然坡率一般为  $20^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。高速公路路堑边坡最大开挖高度 45m,开挖边坡坡度一般小于  $45^{\circ}$ 。

滑坡区岩体破碎,在高速公路建设期路堑开挖过程中,曾多次发生坡面裂缝和坍塌。2005 年 2 月,路堑边坡和坡脚挡墙出现加速变形,边坡有整体变形滑动迹象。在坡体后缘及两侧出现大量裂缝,最大裂缝宽度近 1m,上下错动高达  $0.5 \sim 0.8$ m。同时,公路挡墙出现裂缝和错位,路边排水边沟向坡内倾斜,路面出现裂缝和隆起。随着春季降雨的增加有进一步加剧的趋势,边坡和路基变形破坏现象已经非常明显,存在着整体稳定性问题,并已经威胁到高速公路的安全运营。

## 2 引张线的工作机理

引张线监测系统由数据采集系统、数据传输系统和数据接收系统组成。数据采集系统包括电线杆和牵引钢丝,数据传输系统由信号采集处理和发射装置组成,数据接收系统包括远端的计算机和信号集中处理装置,如图 1 所示。

当图 1 中不稳定点移动时,装在稳定处的位移传感器有转动,转动的角度与位移的多少成正比,信号经含有 Microcontroller 的“信号采集、处理及发射装置”处理后,发送到“信号集中处理装置”;信号集中处理装置接收多个不稳定点的滑坡位移信号后,定时用移动通讯网(GSM)将信号发送到 GSM 能到达的任意远处;在远离滑坡点处的 GSM 接收装置将

收到的数据给上位计算机,上位计算机的软件将处理、管理接收到的全部数据。

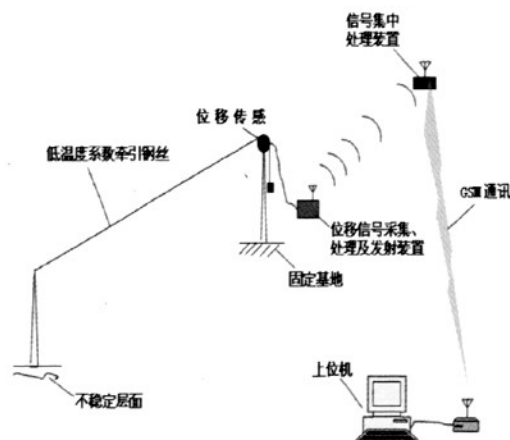


图 1 引张线工作原理图

## 3 引张线的布置

杭金衢高速公路 K103 滑坡的监测中,在滑坡体上选择了一条典型剖面,沿该典型剖面固定埋设 13 根电线杆(或三脚架),引张线仪安装在电线杆(或三脚架)上(见图 2),共 12 套仪器和 1 个固定端,布置图见图 3。引张线仪测得的数据为两点之间的相对位移,D01 安装在稳定的基岩上,不存在位移;D01 与 D02 之间的距离变化可认为是 D02 相对于 D01 的位移。基线 D02→D03 和 D03→D04 正好跨过滑坡的后缘,D09→D10 横跨过抗滑桩。2006 年 3 月完成了引张线仪的安装。从 2006 年 4 月开始对引张线进行了不间断的远程监测,每小时采集一次数据。



图2 引张线数据采集设备

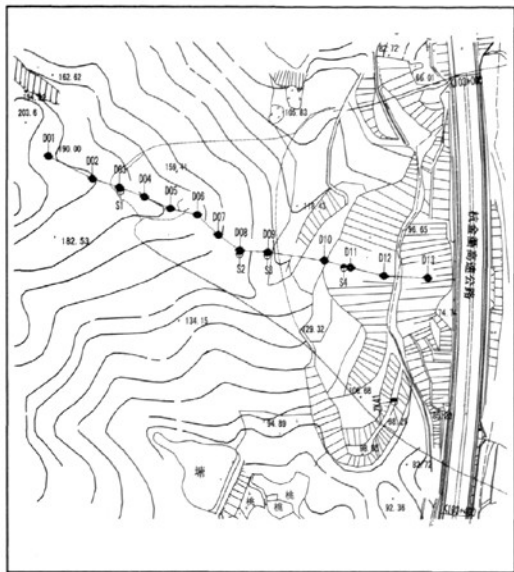


图3 滑坡位移监测点布置图

## 4 引张线监测数据分析

### 4.1 滑坡后缘水平位移监测

引张线 D01→D02 位于滑坡体的上部, D02→D03 和 D03→D04 跨过滑坡的后缘。对滑坡体顶部的水平位移监测数据进行分析, 得到图 4~图 6。

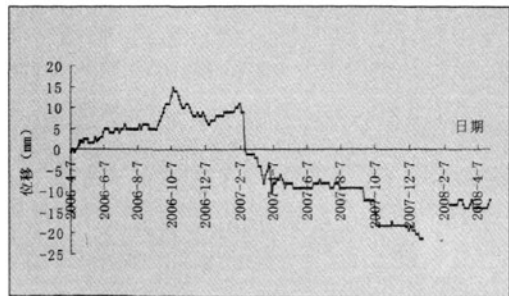


图4 引张线 D01→D02 水平位移图

图4中引张线 D01→D02 的水平位移历时曲线

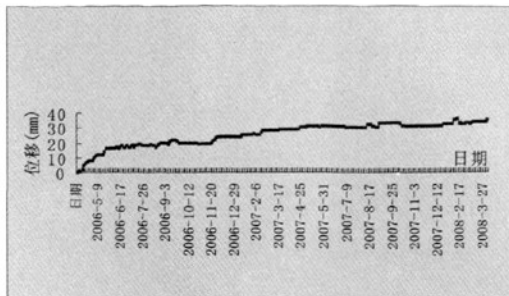


图5 引张线 D02→D03 水平位移图

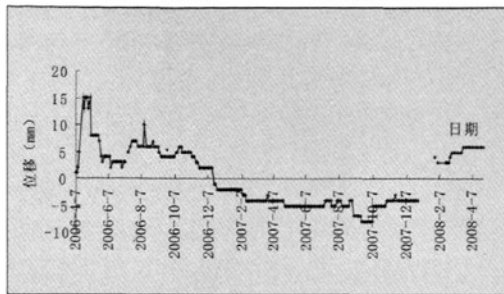


图6 引张线 D03→D04 水平位移图

显示, 监测数据在  $\pm 15\text{mm}$  范围内变化, 可认为滑坡后壁是稳定的。图 5 中引张线 D02→D03 的水平位移历时曲线显示, 监测数据初始变化较大, 位移渐渐趋于收敛, 故可认为滑坡体的后缘在降雨作用下仍有缓慢的滑动。图 6 中引张线 D03→D04 的水平位移历时曲线显示, 监测数据在  $\pm 10\text{mm}$  范围内变化, 可认为滑坡后部是基本稳定的。

### 4.2 滑坡中部水平位移监测

引张线 D05→D06、D06→D07 和 D08→D09 跨过滑坡体的中部。对滑坡体中部的水平位移监测数据进行分析, 得到引张线的历时位移曲线, 见图 7~图 9。

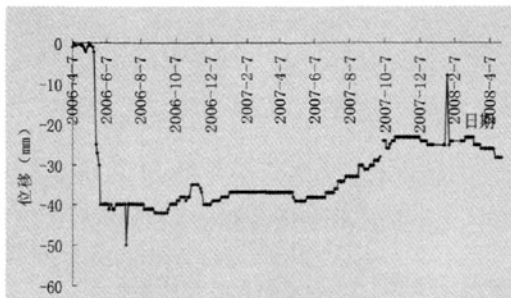


图7 1 引张线 D05→D06 水平位移图

图 7 中引张线 D05→D06 的水平位移历时曲线显示, 该处的水平位移在 2007 年的雨季约有 10mm 的蠕滑, 此后位于趋于平缓。图 8 和图 9 中引张线水平位移历时曲线显示, 监测数据初始变化较大, 此

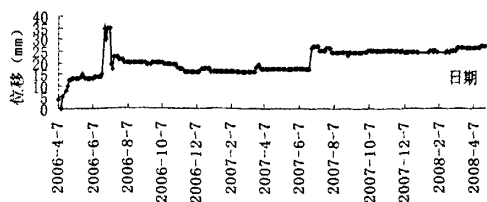


图8 引张线 D06→D07 水平位移图

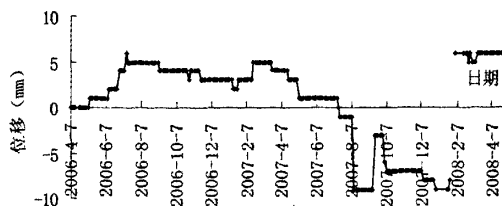


图11 引张线 D11→D12 水平位移图

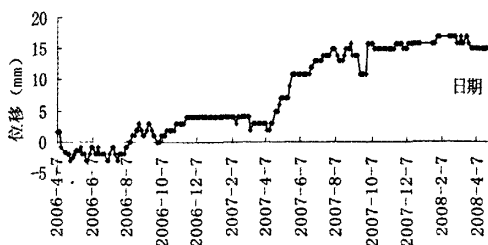


图9 引张线 D08→D09 水平位移图

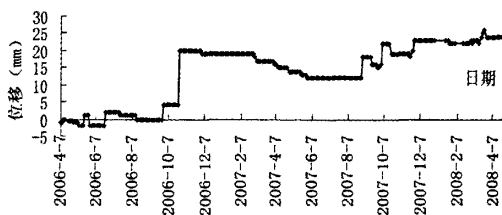


图12 引张线 D12→D13 水平位移图

后位移渐渐趋于收敛,可认为滑坡体的中部目前是稳定的。

#### 4.3 滑坡前缘水平位移监测

引张线 D10→D11、D11→D12 和 D12→D13 跨过滑坡体的前缘。对滑坡体前缘的水平位移监测数据进行分析,得到引张线的历时位移曲线,见图 10 ~ 图 12。

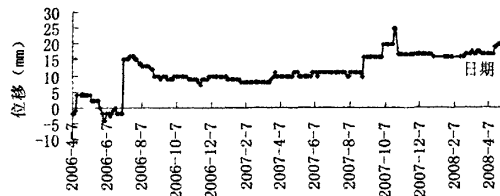


图10 引张线 D10→D11 水平位移图

图 10 ~ 图 12 中引张线的水平位移历时曲线显示,除了自然因素引起的骤然位移变化外,其他时间的位移数据变化很小。可认为滑坡前缘也是基本稳定的。

前面各引张线仪监测点在个别时间会出现位移(沿滑坡方向)的骤然变化,这主要是因为钢丝在拉

力作用下发生蠕变,以及在重力、风荷载作用产生了较大误差。综合分析,引张线 D02→D03 跨过滑坡体后缘的拉裂缝,滑坡体在 18 个月位移了约 20mm,平均滑动速率为 1.11mm/M,因为滑坡体后缘为松散的土体,滑坡体在降雨的情况下仍有较小的位移。而滑坡体的其他部位基本是稳定的。

## 5 结语

通过引张线在杭金衢高速公路 K103 滑坡中的应用分析,可得到如下结论:

(1)由监测分析可知,滑坡体后缘为松散的土体,在强降雨作用下仍有缓慢的蠕变。而滑坡体的其他部位基本处于稳定状态。

(2)由引张线监测数据可知,监测数据会因为自然条件的影响而发生骤然变化,产生误差,而剔除这些误差以后得到的数据与现场的巡视得到的结果相一致,所以监测数据是有效的。

## 参考文献

- [1] 浙江省交通规划设计研究院. 杭金衢高速公路 K103 滑坡处治设计. 2005 年 6 月

作者：陈斌，林森

作者单位：浙江杭金衢高速公路有限公司，杭州，31004

## 相似文献(10条)

### 1. 会议论文 王练柱, 龚云, 王随练, 刘雪峰 GPS技术在公路滑坡监测中的应用 2007

本文探讨了GPS技术在公路滑坡监测中应用的一般原则和方法,并结合铜黄高速公路滑坡监测实例进行了论证。实践证明,GPS技术应用于公路滑坡监测在精度、便利性、时效性、效益等方面具有明显优势,具有一定的推广价值。

### 2. 学位论文 王化光 GPS技术在西攀高速公路滑坡监测中的应用研究 2007

全球的高速公路建设起于上个世纪三十年代,由于它的运输能力、速度和安全性有突出优势,对实现国土均衡发展、缩小地区差别等方面具有重要作用,因此短短的几十年,高速公路的发展取得了辉煌的成绩,成为一个国家现代化的重要标志。然而,与此同时,由于高速公路建设而引发的地质灾害却频频发生,尤其以山体滑坡最为严重。

本文主要以西攀高速公路的米易变电站滑坡和德昌河东滑坡为例,分析了滑坡地质灾害的情况和滑坡发生的原因。对常规的滑坡变形监测方法进行了详细的分析与对比,如沉降监测方法、地面水平位移监测方法、地面三维变形监测方法、数字摄影测量监测方法、测斜仪监测方法等。而GPS测量相比普通大地测量方法来说,具有诸多的优势,而且近年来GPS接收机和数据处理软件方面取得了进一步发展,GPS静态测量已经能够达到毫米级的精度,这给我们利用GPS进行滑坡监测提供了可能性。

论文从GPS滑坡监测网形设计、数据采集、数据处理等方面入手,对西攀高速公路GPS滑坡变形监测网的实测数据进行分析,证明采用GPS进行滑坡监测能够满足精度要求,而且监测结果具有可靠性。同时确定GPS用于高速公路滑坡监测的有利参数,如卫星高度截止角、观测时段长度、基准点和监测点的数量与分布、卫星的可见性预报以及GPS处理软件使用等。最后,也证实了西攀高速公路侧的被监测滑坡体现阶段处于稳定阶段,但不排除滑坡体今后在各种外界因素的影响下进一步发育、最终出现滑动情况的可能性,因此仍需对滑坡体进行跟踪监测。

### 3. 期刊论文 王安明, 马莎, 黄志全, 李小根 洛阳-三门峡高速公路某滑坡监测与稳定性分析 -铁道建筑2006(8)

为对洛三高速公路某滑坡进行稳定性分析,通过在滑坡体埋设测斜管、孔隙水压力计等监测仪器对该滑坡进行了水平位移、垂直位移、内部结构变形以及孔隙水压力监测,结合监测结果对该滑坡进行了数值模拟稳定性分析。

### 4. 会议论文 方鹏飞, 朱益军, 向军, 朱向荣 某高速公路滑坡分析与治理 2006

本文对某高速公路滑坡进行了稳定性分析和计算,并提出若干治理措施。同时,对滑坡进行监测,从监测结果来看,目前此滑坡依然有变形迹象,滑坡还需进行加固。通过对滑坡的分析、计算和监测,得出一些结论,为相似工程的设计和施工提供有益的资料,也可为类似滑坡的治理提供参考。

### 5. 期刊论文 徐宏武, XU Hongwu 渝宜高速公路张家坪滑坡监测及稳定性评价 -公路交通技术2010(5)

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。

### 6. 期刊论文 苏兴钊 漳龙高速公路路堑边坡滑坡治理 -岩土力学2002, 23(3)

结合漳龙高速公路K67+955~K68+005段路堑边坡滑坡治理工程实例,通过对边坡滑动发展阶段的地表位移监测和详细的地质勘探,准确地判断了路堑边坡滑坡病害性质、产生原因及滑动面位置,提出了这种破碎岩石高边坡的稳定性分析和治理工程设计计算方法。成功的实践表明,这是一种既安全可靠,又经济合理的路堑边坡滑坡综合整治措施。

### 7. 期刊论文 钱波, 张明剑, 李鹏, QIAN Bo, ZHANG Ming-jian, LI Peng 梅河高速公路程华段高填路基边坡治理研究 -路基工程2010(5)

结合梅河高速公路程江至华城段K17+580~+750高填路基地质勘测资料,通过对地表及深部位移监测,准确地判断了路基滑坡病害的性质、产生原因及滑动面的位置,提出了高边坡的稳定性分析方法和工程加固的治理措施,使滑坡得以稳定。

### 8. 期刊论文 叶小兵 楚大高速公路九顿坡隧道洞口仰坡滑坡监测与治理 -建筑2003(12)

#### 一、工程概况

楚大高速公路九顿坡隧道系云南省重点工程,隧道全长3190m,净高7.4m,净宽11.1m,于1995年11月11日正式开工,工程地处滇西高原山区,山高谷深,地质活动频繁,地震烈度为9。

### 9. 会议论文 刘直承, 张灵振 红外光谱法在新型红外材料研究中的应用研究 1997

文章介绍了我们在研制新型红外吸波材料过程中应用红外光谱法的一些具体作法和体会,说明红外光谱法的应用对于研制新型红外材料具有重要的实际意义。

### 10. 学位论文 付敏 湘西红砂岩边坡施工过程稳定性分析及监测技术应用研究 2006

随着国家建设战略重点向西部地区转移,特别是在湖南省西部红砂岩地区修建高速公路时,切方边坡及其稳定性问题日益突出。因此有必要对红砂岩的工程特性以及该地区边坡的稳定性和失稳机理进行研究。结合怀新高速公路建设中的边坡问题,特别是怀新5标滑坡的深部位移监测工作,论文对预报系统、滑坡的治理以及施工过程稳定性进行分析。本论文首先从理论上对红砂岩的工程地质特性、边坡稳定性分析方法、滑坡产生机理和滑坡监测及预报技术模型进行研究,分析边坡的控稳因素和滑坡形成机理,然后以怀新高速5标段滑坡深部位移监测为例,运用灰色GM(1,1)模型,建立滑坡短期预报方程。结合怀新高速边坡治理情况,分析和构建边坡过程稳定性体系。

论文进行的主要工作和取得的主要结论如下:

- 1) 系统论述了红砂岩成因、工程特性,总结了滑坡稳定分析方法;
- 2) 总结了滑坡监测预报技术,分析监测误差产生原因,提出解决办法,依托已有的监测实践,总结经验教训;
- 3) 参考SMR法及CSMR法,结合怀新高速滑坡稳定性计算,对 $F < 3$ 进行修正,提出了不考虑坡高影响的红砂岩地区边坡岩体质量评价体系;
- 4) 提出边坡工程过程稳定性概念并建立了评价体系,给出了现有规范规程对边坡稳定性分析的补充建议;
- 5) 对怀新高速第5合同段滑坡进行深部位移监测施工,并根据监测数据提出了短期预报模型。

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference\\_7131037.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_7131037.aspx)

授权使用: 北京理工大学(北京理工大学), 授权号: f11dc8ad-c32e-4662-9be0-9ea100b25f67

下载时间: 2011年3月9日