

具有测量扭转方位的滑坡深部位移监测仪器研制

周 策, 刘一民, 陈文俊

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 610081)

摘 要:探索研发为滑坡地质灾害预警监测所需用的一种具有测量扭转方位的滑坡深部位移监测仪器,采用具有测量扭转方位、深部位移的传感器和数据采集,对滑坡体滑动全过程进行跟踪监测,研究滑坡体在突发性滑动前后扭转方位、深部位移的变化过程和规律。研究自动监测和无线上网技术,实现对滑坡体滑动扭转方位、深部位移变化情况的全程实时监测,解决以往不能对滑坡体滑动扭转方位、深部位移全程实时监测的问题,推动滑坡地质灾害监测技术进步。

关键词:滑坡;扭转方位;深部位移监测仪;实时监测

中图分类号:P642.22;TH763 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)07-0005-03

Development of Deep Landslide Displacement Monitoring Instrument with the Function of Torsion Direction Measurement/ZHOU Ce, LIU Yi-min, CHEN Wen-jun (Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 610081, China)

Abstract: A deep landslide displacement monitoring instrument with the function of torsion direction measurement is developed for the monitoring and warning of landslide geological hazards, by the sensor with torsion direction measurement and deep displacement and data acquisition, the whole process of landslide can be monitored to study the change process and regularity of torsion directions and deep displacement of landslide body before and after the sudden sliding. In this paper, auto-monitoring and wireless Internet technologies are also studied to realize real-time monitoring of landslide torsion direction and deep displacement for whole process, which will promote the technical progress for landslide geological hazard monitoring.

Key words: landslide; torsion direction; deep displacement monitoring instrument; real-time monitoring

1 概况

在实现滑坡深部位移监测方法方面,国内外主要采用钻孔倾斜法,即在钻孔中采用埋设测斜管用测斜仪来监测深部滑坡体的滑动部位,监测滑坡体滑动的水平位移、滑速和间歇性滑动情况,深部相对位移变形是地表位移变形的先行,两者是密切相关的,对深部相对位移变形的监测可提前预测滑坡的稳定性。常规固定式测斜计广泛适用于测量土石坝、面板坝、边坡、路基、基坑、岩体滑坡等结构物的水平位移、垂直沉降及滑坡,且配合测斜管可反复使用,并可方便实现倾斜测量的自动化。但国内外目前生产的产品均不具全方位监测滑体滑动方向同时带扭转角测量的性能,目前日本和欧美等国也在采用固定式钻孔倾斜仪进行滑坡深部位移变形自动化监测,但未见对滑坡深部位移方位和同时监测测斜管扭转方位角的报道。

2 具有测量扭转方位的设计计算方法原理

2.1 深部位移计算方法

测斜仪的一般计算公式:

$$\theta_i = \arctg(G_{xi} / \sqrt{G_{yi}^2 + G_{zi}^2})$$

$$S_i = \sum_0^i L_i \sin Q_i$$

式中: S_i ——被测结构物在第 i 点与铅垂线(水平线)的倾斜变形量,mm; L_i ——第 i 段测斜仪探管两轮距间的标距,mm; F_i ——第 i 段测斜仪探管的实时测量值,F; Q_i ——第 i 段测斜仪探管的顶角; G_{xi} 、 G_{yi} 、 G_{zi} ——第 i 段测斜仪探管的 X、Y、Z 向实时测量加速度值,m/s。

2.2 深部位移扭转方位计算方法

探管俯仰、横滚和扭转方向及其解算。

通常用俯仰、横滚和扭转方向来描述探管的形态。这 3 个角度是由探管坐标系来定义的。

定义探管坐标系 $0-xyz$ 为: x 轴沿探管纵轴指向前方, z 轴在对称平面内(探管为左右对称)垂直

收稿日期:2013-06-15

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目“滑坡深部位移监测仪器研发与应用示范”(1212011220172)

作者简介:周策(1965-),男(汉族),四川成都人,中国地质科学院探矿工艺研究所三级教授级高级工程师,探矿工程专业,从事地质灾害监测技术方面的研究工作,四川省成都市金牛区一环路北二段 1 号,449730588@qq.com。

于 x 轴向上, y 轴垂直于对称平面并与 x 轴、 z 轴构成右手坐标系;定义地平面坐标系 $0-x^h y^h z^h$ 为: x^h 轴水平指向正北, y^h 轴水平指向正西, z^h 轴垂直向上。

首先将 $0-x^h y^h z^h$ 绕轴 y^h 旋转, 直至 x^h 轴重合于 x 轴的水平投影, 所转的角度即为扭转方向角 H ; 其次再将此时的 $0-x^h y^h z^h$ 绕轴 y^h 旋转, 直至 x^h 轴重合于 x 轴, 所转角度即为俯仰角 P ; 最后将此时的 $0-x^h y^h z^h$ 绕轴 x^h 旋转, 直至 y^h 轴重合于 y 轴, 所转角度即为横滚角 R 。

三轴电子罗盘使用磁阻传感器测得地磁场的 3 个正交分量为 B_x 、 B_y 和 B_z , 并用加速度的 3 个正交分量为 A_x 、 A_y 和 A_z , 则可利用这 6 个测量数据直接计算俯仰角 P 、横滚角 R 和扭转方向角 H :

$$P = \arctan(A_x / \sqrt{A_y^2 + A_z^2}) \quad (1)$$

$$R = \arctan(A_y / A_z) \quad (2)$$

$$\begin{cases} B_z^h = B_x \cos P + B_y \sin P \sin R - B_z \sin P \cos R \\ B_y^h = B_y \cos R + B_z \sin R - B_x \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} H = 90^\circ - \arctan(B_x^h / B_y^h), & B_y^h > 0 \\ 270^\circ - \arctan(B_x^h / B_y^h), & B_y^h < 0 \\ 180^\circ, & B_y^h = 0, B_x^h < 0 \\ 0^\circ, & B_y^h = 0, B_x^h > 0 \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中的 B_x^h 与 B_y^h 即是地磁场在水平面内的 2 个正交分量, 分别沿 x^h 轴和 y^h 轴方向。式(3)所描述的正是将载体坐标系中测得的地磁分量变换到地平坐标系的过程。

3 具有测量扭转方位的滑坡深部位移监测仪电原理

图 1 为滑坡深部位移监测仪电原理图, 位移、扭转方位、倾角传感器将敏感的数据量通过串口 0 接

口送入 LPC2013, 环境温度、电压模拟量通过 A/D 转换电路送入 LPC2013, 经过 LPC2013 计算分析处理, 通过串口 1 接口送入 GSM 短信消息模块发送出去或在地面便携式计算机直接计算处理, GSM 短信消息模块发送出后, 在 GSM 短信消息接受处理中心将短信送入计算机计算处理。

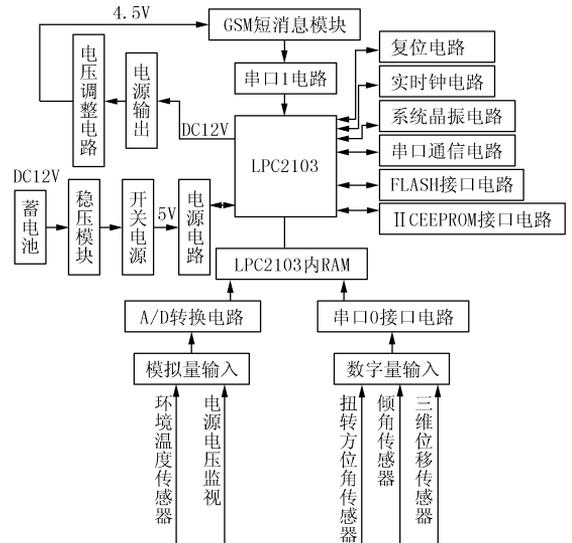


图 1 滑坡深部位移监测仪电原理图

4 具有测量扭转方位的滑坡深部位移监测仪探管原理

滑坡深部位移监测仪探管机械原理见图 2, 为井下探管部分, 主要将位移、扭转方位、倾角传感器转换为数据量并通过串口送出, 但主要解决密封, 传感器测量方位和导向轮的定位关系。系统微机处理及通信接口电路, 主要将位移、扭转方位、倾角传感器转换为数据量并通过串口送出; 加速度计传感器组件, 敏感三维加速度; 磁传感器组件, 敏感三维磁阻方位。

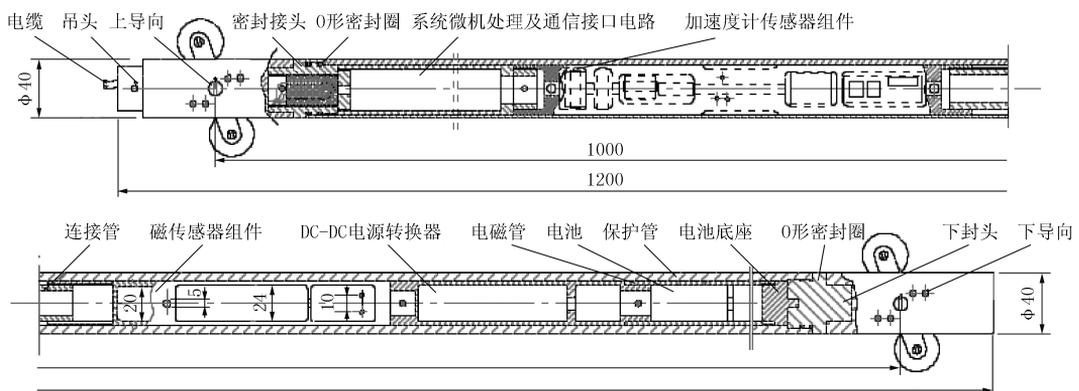


图 2 滑坡深部位移监测仪探管机械原理图

5 具有测量扭转方位的滑坡深部位移监测仪探管试验方法

5.1 室内试验

以测斜仪校正台为基础,利用测斜仪校正台倾角、扭转方位角关系,模拟孔内状况,进行滑坡地层深部位移和扭转方位的标度和调试,完成监测仪探管校正(见图3、图4)。测量范围:钻孔顶角 $0 \sim 30^\circ$,扭转方位角 $0 \sim 360^\circ$,扭转方位角 $\pm 2^\circ$ (校正台为准)。将探管夹持于测斜仪校正台夹具上,通过绕水平轴转动对监测仪机探管的顶角、位移进行校正,通过探管自转对探管的扭转方位角进行校正。



图3 测斜仪校正台

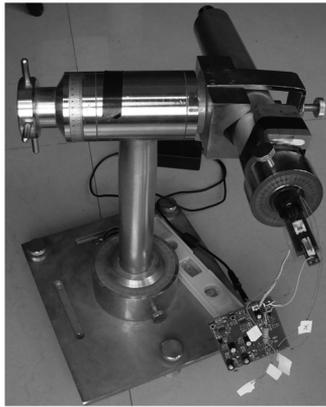


图4 扭转方位校正台

5.2 野外试验

以野外生产试验为主,通过野外示范区试验完成监测仪软硬件的改进与完善,并获得野外试验报告及数据,为监测预警提供可信赖的数据。

6 具有测量扭转方位的滑坡深部位移监测仪测量工艺

(1)利用带方位扭转角的钻孔深部位移监测探管,将带量测缆线的监测探管投入倾斜管内,每隔 0.5 m ,利用缆线的长度记录下孔深,并将监测探管采集到得的数值化为钻孔顶角、扭转方位角、位移量参量,通过缆线传输到地面,与地面微机系统连接后,将测量数据存到磁盘上形成电子文档,供微机进行处理,显示和打印,向操作员报告滑坡体深部位置

的位移量及扭转方位角。

(2)在确定位移突变点后,将监测探管投入倾斜管内变点部位,并记下此点孔深作为固定监测点,利用地面二次监测仪表通过GSM通讯定时自动发送到监测站中心处理。

7 具有测量扭转方位的滑坡深部位移监测仪特点

(1)能同时自动监测滑坡深部位移变化和测斜管扭转方位变化,确定滑坡滑动方向和滑坡滑动的真实准确情况,是预测预报滑坡灾害的重要参数,而国内外现用同类监测方法和仪器均不具同时监测深部位移方位和测斜管扭转角方位的性能;

(2)能在自动监测的同时将滑坡滑移时间、部位、滑动距离、滑动方位等动态数据,利用GSM通讯技术,对监测数据无线传输,并达到推广应用水平,这也是国内外同类监测方法和仪器的发展方向;

(3)能实时自动监测又能同时上网把采集数据在网上快速传输。

由于上述3个特点,本项目在滑坡深部滑体监测技术方法与现有国内外监测技术方法相比具有新颖性和先进性。

参考文献:

- [1] 吕中虎,韩永温.基于充电法的滑坡深部位移监测仪设计[J].微型机与应用,2013,(2).
- [2] 李波,赖于树,黄倩,等.一种基于无线传感器网络的滑坡监测系统[J].现代电子技术,2009,(12).
- [3] 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别[J].山地学报,2000,(5).
- [4] 曾旭平,陈刚.基于云理论的滑坡监测分析[A].第二届环境与工程地球物理国际会议论文集[C].2006.
- [5] 叶龙珍;范良荣.永泰县旗山滑坡深部位移监测分析[J].地质灾害与环境保护,2012,(2).
- [6] G. Furuya, K. Sassa, H. Hiurab, H. Fukuoka. Mechanism of creep movement caused by landslide activity and underground erosion in crystalline schist, Shikoku Island, southwestern Japan[J]. Engineering Geology, 2009.
- [7] Lam H K, et al. Tuning of the Structure and Parameters of Neural Network Using an Improved Genetic Algorithm. Industrial Electronics Society[J]. Denver, Co., USA: IECON'01, 2001.

热烈庆祝中国地质科学院探矿工艺研究所建所35周年!