

# 采用钻孔倾斜仪监测滑坡深部水平位移 方法和仪器的研究

汤国起, 周 策

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 610081)

**摘 要:**介绍了目前滑坡深部水平位移钻孔倾斜仪人工监测方法存在的问题, 钻孔深部位移自动化监测通信方法的选择。地质滑坡灾害监测中广泛使用钻孔倾斜仪, 介绍了 CZ-2 型钻孔倾斜仪的构成及现场测试方法。

**关键词:**钻孔倾斜仪; 地质灾害; 滑坡; 水平位移监测

**中图分类号:** P634.7    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2008)12-0019-04

**Application of Borehole Inclinator in Monitoring Deep Horizontal Displacement of Landslide and Research on/**  
**TANG Guo-qi, ZHOU Ce** (The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

**Abstract:** The paper discussed some problems in manual monitoring with horizontal displacement borehole inclinometer in deep landslide and the selection of automatic monitoring communication for borehole deep landslide. CZ-2 borehole inclinometer was introduced about the composition and field-testing method.

**Key words:** borehole inclinometer; geo-hazard; landslide; horizontal displacement monitoring

## 0 前言

采用钻孔倾斜仪监测滑坡深部水平位移的方法是判断滑坡深部滑带稳定性情况, 判断滑坡深部位置岩土体活动和变化趋向的一种行之有效的重要方法。国外自 20 世纪 50 年代就开始用简单的测斜仪来观测岩土体内部的水平位移。随着经济的高速发展, 土工测试的重要性越来越突出, 精度要求越来越高, 为适应发展的需要, 自 20 世纪 60 年代初国外就开始研制高精度的伺服加速度计式的岩土体倾斜仪并很快投入了工程试用取得成功。至今在美、加、英、日、意等国家都有专门公司生产这种倾斜仪, 在许多工程中获得广泛应用。

很长时间以来, 我国一些重要工程如上海宝钢地基工程、葛洲坝水利工程, 以及一些建设单位急需的观测仪器只能用昂贵的外汇由国外进口, 1986 年航天部 33 所与北京水利科学院联合研制成功伺服加速度式钻孔倾斜仪, 在土石坝、堤防岩土边坡和建筑物基坑等工程广泛和大量应用, 现在它是水利、铁路、港口、矿山、建筑部门以及扩展到地质滑坡灾害监测部门一种极为有效的设备。2000 年以前, 我国生产这种设备的厂家不多, 2000 年以后逐渐增多。主要厂家有: 航天部 33 研究所和北京航天万新科技有限公司, 生产有 CA-01A 型、CX-03C 型

(存贮式)、6000(普通型)、6015(水平)、EL 固定测斜仪(无人值守的自动化数据采集); 武汉勘察研究总院和武汉基深勘察仪器研究所, 生产有 CX-3 基坑型测斜仪、CZ-7 型双向固定测斜仪; 北方仪器厂, 生产有 BF5515 型滑动式测斜仪。以上这些厂家年产量达百台以上, 其他有些小批量生产厂家根据生产的要求, 少量生产一些类似产品。综合分析目前国内生产及科研单位的研究成果, 生产监测滑坡和岩土层深部水平位移的仪器趋向即钻孔倾斜仪由活动式向固定式发展, 由人工仪器向自动化智能化无值守发展。

## 1 目前滑坡深部水平位移钻孔倾斜仪人工监测方法存在的问题

目前我国在滑坡和岩土层深部水平位移监测上采用的钻孔倾斜仪(或称测斜仪)大多数是移动式钻孔倾斜仪, 一台仪器测量多个监测钻孔, 测量方法简单可行, 采用人工定期监测, 定期总结监测资料。这种方法一次性投资少, 但是存在如下问题。

### 1.1 不能实现远程及恶劣天气下采集数据

如在刮风下雨天气, 监测人员难以上山, 下雨时操作仪器遇水短路不能工作, 也就无法采集数据。另外人工监测技术上不能进行远程采集数据。

收稿日期: 2008-06-12

作者简介: 汤国起(1937-), 男(汉族), 安徽巢湖人, 中国地质科学院探矿工艺研究所教授级高级工程师, 探矿工程专业, 长期从事地质科研和开发工作, 四川省成都市一环路北二段一号, tangguoqi789@163.com。

1.2 不能实时连续监测,很难掌握临界变化的预测预报

由于数据断续采集,数据采集效率低,难以捕捉到灾害来临前和发生时的重要信息,给监测控制和预测预报带来困难。

1.3 不能实现灾害发生前期、中期和后期的长期全过程监测预报

由于是移动式监测,测斜管设计是内带四方导槽,钻孔倾斜仪装有滑轮,依靠滑轮在导槽内上下滑动进行测量。在实施监测过程中测斜管受到孔壁侧向岩土层推力作用产生变形或剪断(如图 1 所示),钻孔倾斜仪无法下到测点位置进行测量,因而中断监测,使监测钻孔报废。特别在岩石滑坡,不仅是测斜管剪断不能下入仪器,而且测斜管变形水平位移超过 50~100 mm 时仪器滑轮被卡(如图 2 所示),也不能下入到测点。三峡库区有的监测区达数百个钻孔报废不能实施长期全过程监测。

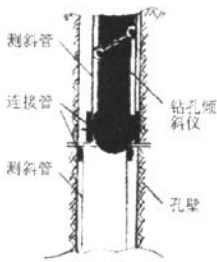


图 1 测斜管被剪断不能下测示意图



图 2 测斜管变形不能下测示意图

1.4 测量数据不准确

主要是测管下孔安装后,固结测斜管的水泥注浆未到位,固结不好或是地下水的冲触作用使水泥稀化流失(如图 3 所示),造成孔壁局部扩大,测斜管松动和反向倾斜。这样的倾斜导致测量数据不准确。2001 年,我们在监测湖北巴东县黄腊石滑坡 9 个深部位移钻孔时发现有此现象,有 4 个钻孔测斜管在孔口用手可摇晃转动。

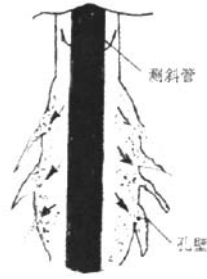


图 3 固结水泥流失测斜管松动示意图

1.5 有人值守需大量人力、物力和资金

要组织专人定期监测,要保护监测钻孔等,需要有人力、物力和资金支持才行。

2 钻孔深部位移自动化监测通信方法的选择

要克服人工监测方法的缺点,建立自动化监测通信有 3 种方法可选用。

2.1 无线数传模块方法

即数传电台方法(图 4~6),据传送的距离选用不同功率 0.5~35 W 电台,不同工作频段,具有 TTL、RS232、RS485 半双工多种电平接口,可实现透明数据传输,无需改变原有通信程序及连接方法,在移动通讯网达不到山区选择该方法把信号传送到移动通讯能达到地区,然后再通过无线上网传送信号。

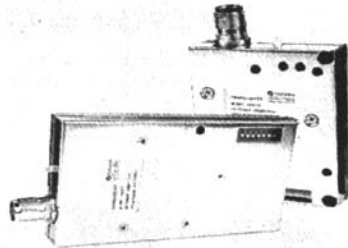


图 4 深圳泰达鑫通信技术公司的无线收发模块



图 5 美国 PCC 公司防水数传电台



图6 内宜路现场数传电台调试情况

## 2.2 无线网数据传输方法

中联讯通科技有限公司推出 CDMA/GPRS 无线网卡(DTU)产品设备,可进行数据通讯,GPRS 通信是基于 IP 地址的数据分组通信网络,监测中心计算机配置地址,各个数据采集点采用 GPRS 模块和该主机进行通信。

## 2.3 卫星遥测方法

采用通信卫星系统组网进行遥测可实现自动化监测。

以上 3 种方法中,第 1 种和第 2 种方法成本低,第 3 种方法成本高,一般采用第 1 种或第 2 种方法,有时 2 种方法并用。

## 3 CZ-2 型固定式钻孔倾斜仪简介

采用钻孔倾斜仪测量滑坡深部水平位移是一种较好的方法,目前在地质滑坡灾害监测中已被广泛推广使用。在技术上,从人工移动监测发展到无人值守时自动采集和存储信息的固定式监测。我们从 2006 年开始研制的自动实时 CZ-2 型钻孔倾斜仪,是一种自动化监测仪器,该仪器不但能达到无人值守实时采集,而且能无线上网传输信息,供部门领导和专家随时观看地质滑坡灾害现场的动态监测结果,以便决策。

### 3.1 仪器构成

全套仪器由探管、电缆接线、GPRS 数据收发器、微电脑时控开关、专用电源等组成,如图 7 所示。

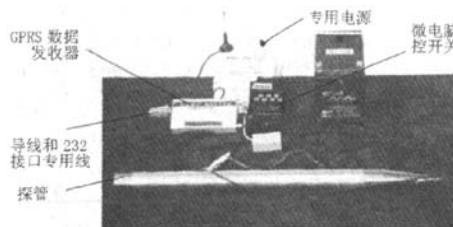


图7 CZ-2 型钻孔倾斜仪全套设备示意图

### 3.1.1 探管(见图 8)

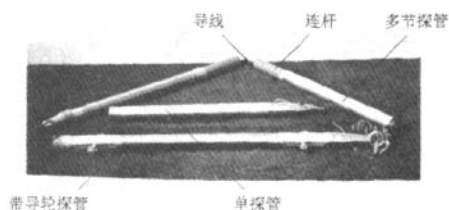


图8 探管

探管中安装有传感器和电子电路,传感器采用高精度集成加速度传感器,能够水平二向测量岩土层深部水平位移,单片机控制直接采集位移数据,232 接口自动向地表发送采集数据。探管有单探管和多探管 2 种,根据测量需要由多节单探管组成多探管,中间由空心连杆联结,连杆内空间是导线通道,各单探管有各自的通道与地面仪器相连。带导轮的单探管用于寻找位移变化最大的测点位置,当遇阻下不去时采用不带导轮的单探管,固定测点位置进行测量。

单探管主要技术性能:探管规格为(外径×长度)Ø36 mm×50 mm;水平位移测程 0~500 mm;水平位移测量精度  $\pm 0.1 \sim \pm 1$  mm;测量位移方向:水平两向(主滑向和垂直主滑向的方向);使用环境温度  $-20 \sim 50$  °C;探管抗水压强度 3 MPa;采集记录方式:实时自动采集、数据发送、CDMA/GPRS 无线上网。

### 3.1.2 多路转换装置

在原监测钻孔基础上进行实时自动监测需要找出选择监测钻孔水平位移变化最大最快的位置测点,地质滑坡灾害监测最多选 2 个点,一般只选 1 个点。选 1 个监测点就无须多路转换装置。

### 3.1.3 导线和 232 接口专用线(见图 9)

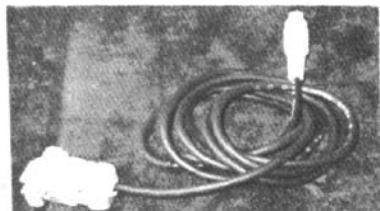


图9 RS-232 接口专用线

用于监测钻孔下孔导线和 232 口接 GPRS 数据收发器专用线。

### 3.1.4 GPRS 数据收发器(见图 10)

CDMA/GPRS 无线网关(DTU)主要用于无线数

据传输业务以及无线路由上网等。



图 10 GPRS 数据收发器

3.1.5 微电脑时控开关(见图 11)



图 11 微电脑时控开关

用于控制供电时间,通过控制供电时间来控制全套仪器工作,为节省电源消耗,根据滑坡和岩土层深部位移实况和气候雨量情况可连续 24 h 测量,也可设计约定每天工作 1~3 次、每次 1 h。

3.1.6 专用电源(见图 12)



图 12 专用电源

采用台湾 12V12Ah 赛特蓄电池一个,为供给探管传感器和多路转换装置用。用一个 12V7Ah 赛特蓄电池供 GPRS 数据收发器电源(当然,类似其他型号蓄电池也可使用)。2 个电池都经微电脑时控开关控制后配有双芯电缆插头,插入各自供电仪器的插座内。

3.2 现场测试

在完成仪器主配件是否齐全完好以及通电检查后,才可进行现场测试。按监测设计要求,需要监测的钻孔上方建造水泥观测墩(见图 13),现场测试时将钻孔倾斜仪探管下放到钻孔的测点位置,探管上的 232 接口引线接水泥观测墩上的 GPRS 数据收发器,调准好微电脑时控开关,按设计要求定时供电和断电,进行采集数据自动定时传输和网上接入。调准好测试仪后,全套仪器都在水泥观测墩内,然后把护盖盖上,拧紧固定螺丝,上锁锁紧,由护盖护好后进行长期自动实时监测。

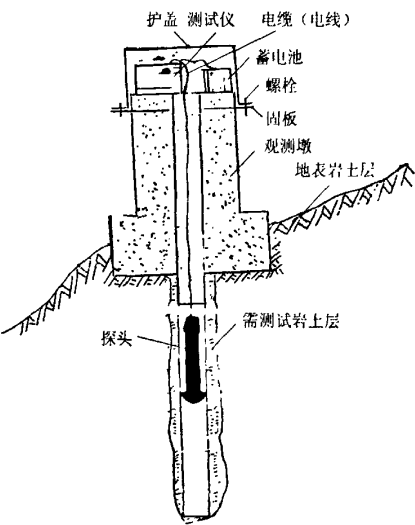


图 13 现场测试示意图

4 结语

虽然人工监测移动式钻孔倾斜仪能满足部分监测工程项目的要求,但是随着我国经济的快速发展,基础设施建设项目越来越多,技术要求越来越高,人工监测仪器和方法远不能满足要求。随着科技发展,自动实时和无线上网技术提高,自动实时固定式钻孔倾斜仪,用于滑坡和岩土层深部位移监测,不仅避免人为误差,可以实现远程及恶劣天气下采集数据,可以进行 24 h 连续监测,可以准确记录失事事件的时间,可以不漏采数据,按程序步骤监测自动报警。比人工移动式钻孔倾斜仪更具有较大的发展前景,特别适用于岩土层深部水平位移长期监测和施工过程中的安全监测,必将得到广泛的应用和推广。