

# BH-1型崩滑体多参数自动化监测仪的研究与应用

陈欢<sup>1,2</sup>, 周策<sup>1</sup>, 刘一民<sup>1</sup>, 陈文俊<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 610031; 2. 成都理工大学环境与土木工程学院, 四川 成都 610059)

**摘要:**基于对研究滑坡体在发生前后的变化过程和规律,进行了无线传输技术和自动化监测技术的研究,开发了为地质灾害监测预警所需的BH-1型崩滑体多参数自动化监测仪。通过对整个崩滑体的物理性能、位移形态变化的实时监测,研究自动化监测技术,实现对崩滑体多种物理、位移形态参数的全程实时监测。通过对多种参数的分析,实现对崩滑体变化规律的预判,推动地质灾害监测技术的进步。

**关键词:**崩滑体;变化规律;自动化监测;多参数;地质灾害实时监测

**中图分类号:**TH76;P642.22 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)02-0051-05

**Research on BH-1 Multi-parameter Automatic Monitor for Slumped Mass and the Application/CHEN Huan<sup>1,2</sup>, ZHOU Ce<sup>1</sup>, LIU Yi-min<sup>1</sup>, CHEN WEN-jun<sup>1</sup> (1. The Institute of Exploration Technology of CAGS, Chengdu Sichuan 610031, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China)**

**Abstract:** By the research on slumped mass changing process and regulation before and after the sudden outbreak, wireless transmission and automatic monitoring technologies are studied. BH-1 multi-parameter automatic monitor for slumped mass is developed for geological disasters forecast. Through the real-time monitoring on the physical properties and displacement morphology variation of the whole slumped mass and by the study on automatic monitoring technology, the whole course real-time monitoring on various physical and displacement morphology parameters of slumped mass are realized, which is important to the prognosis of slumped mass changing regulation.

**Key words:** slumped mass; changing regulation; automatic monitoring; multi-parameter; real-time monitoring on geological disaster

## 1 国内外研究概况

我国是一个地质灾害多发的国家,其灾害分布广、突发频率高、危害大。在地质灾害防治工程与重点建设工程中,各种类型的岩崩、滑坡是分布甚广危害最烈的地质灾害现象,而其预警工作滞后,究其原因,是目前国内外尚缺乏对“崩塌滑坡”的全过程和多参量对比印证的研究所造成的。

目前的变形量测均局限于小尺寸范围内,在滑坡滑动之后,多数以接触测量和有선传输的仪器已经破坏或者失去安装条件,故无法监测灾害体运动的全过程,无法界定蠕变、滑移、剧移等各阶段的临界值。以往常采用的移动式倾斜仪,探管与测量管配合精度不高,以至于量测的重复性较差,量测时间上也不连续,人为影响因素较大,测量管变形大后,探管无法下孔,易发生孔内事故,无法量测,在深孔中测量非常麻烦费事,效率不高。而采用滑坡体三维方位或含水量量测虽不存在无法量测问题,但又显得不够全面或不易理解。而目前的滑坡监测大多仍是以人工定时采集为主,未能实现实时自动监测,

这样导致数据采集不全,不及时,不能实现动态监测滑坡变化状态,难以全面认识滑坡滑动的全面过程。

综合以上情况,本研究系统的仪器综合以上各参量的优劣,突出滑坡体在滑移各阶段各物理、位移形态性能参量优势,通过类比、印证的方法,将其用作滑坡体滑移各阶段的判据,从而达到扬长避短的目的。本研究系统属存储式无线遥测,能多点多参数量测,操作简单,测量精度高,并且可长时间埋于地下作实时连续监测,采集整个时间段的变化量,对分析滑坡体实时变形、蠕变、位移、突变过程具有可靠详实的依据。

## 2 BH-1型崩滑体多参数自动化监测仪

BH-I型崩滑体多参数自动化监测仪主要包括含水量、降雨量、滑坡深部位移、地表变形、渗流热、渗流压、滑坡推力的监测。

### 2.1 测量方案流程

整体的实施内容是,选用高性能加速度、高精度抗振磁阻计传感器及含水量、渗流热、渗流压传感

收稿日期:2012-10-31

作者简介:陈欢(1988-),男(汉族),四川攀枝花人,中国地质科学院探矿工艺研究所助理工程师,地质工程专业,从事滑坡监测仪器的研究开发工作,四川省成都市金牛区一环路北二段1号,77302709@qq.com。

器,将“崩滑”运动对象的加速度、磁阻计及含水量、渗流热、渗流压参数转变为电信号,通过(小型)单片机嵌入系统将这些电信号变为具有既定格式的数字信号,传送到数据存储卡或无线远传到基地,实现对“崩滑体”的三维角度参数(顶角、方位角、定向角、俯仰角、横滚角)、三维位移参数(可视化地表位移、深部)、含水量参数、渗流热参数、渗流压参数的全过程监测,监测地质灾害体变形、蠕变、位移、突变全过程的多种物理、位移形态参数。本监测仪系统的测量方案流程图如图1所示。

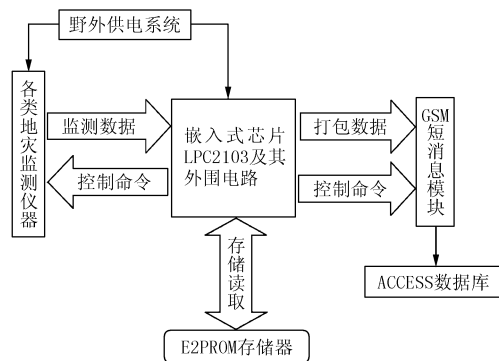


图1 BH-1型崩滑体多参数自动化监测仪测量方案流程图

## 2.2 崩滑体多参数自动化监测仪硬件系统

本监测系统主要由以下模块构成:嵌入式芯片及其外围电路、E2PROM存储器、各类地灾监测仪、GSM/GPRS无线通信模块、短消息接收模块和野外供电系统构成。系统硬件设计整体结构框图如图2所示,它是由电源电路、复位电路、时钟电路、系统晶振电路、串行接口电路、IIC总线接口电路、A/D转换电路、继电器电路、GSM短消息模块接口电路和

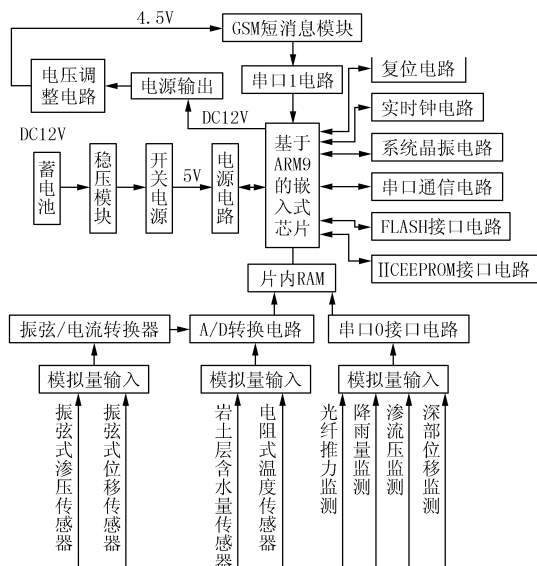


图2 BH-1型崩滑体多参数自动化监测仪硬件设计框图

野外供电模块电路组成。

## 2.3 崩滑体多参数自动化监测系统软件设计

本系统采用的C编译器为ADS1.2,ADS为ARM公司开发的针对于ARM处理器核编译器,代码优化率高,调试功能强大,它提供完整的WINDOWS界面开发环境,提供软件模拟仿真功能,提供强大的实时调试跟踪功能。本次设计利用ADS1.2的C编译器在DebugInFlash中生成HEX代码,然后通过Magic Flash将生成的HEX代码固化到LPC2103的片内FLASH中,将程序下载到FLASH的0x00位置,这样系统上电后就能自动执行程序了。

软件设计将系统分为工作/配置2种模式,利用硬件设计实现系统对2种模式的判断。本系统实现的功能主要有以下几点:

- (1)通过配置模式实现对控制电话号码、本地时间、采集频率等监测参数的设置;
- (2)在工作模式下实现定时监测数据的采集发送;
- (3)实现远程配置功能;
- (4)删除卡内短消息功能;
- (5)定时开关机功能;
- (6)实现实时采集蓄电池电量的功能。

软件设计由main()函数,程序主循环while(1)、RTC(实时钟)中断函数,Timer0、Timer1定时器中断函数,GSM/GPRS无线通信模块子函数等一些重要的子函数组成,采用软件模块化设计,有利于软件的调试,同时也方便对系统进行更改和系统的升级。

通过以上软件设计,能够长时间的稳定完成地质灾害野外自动监测的任务,保证了监测数据的完整性和准确性,完全满足无人值守化、自动化、实时化等监测技术的基本要求。

## 2.4 适用于崩滑体多参数自动化监测的数据传输系统

它包括数据远程测控、传输与存储的格式、传输流程、数据库管理、人机界面,以及后宿的数据处理软件包。图3为传输系统框图。

## 2.5 人机界面软件

图4为崩滑体多参数自动化设置人机界面图,主要用于对野外前置数据采集器进行开关时间、监测仪器类型、通道数、仪器号、控制机号的设置。

图5为崩滑体多参数自动化接收后宿人机界面图,主要用于对野外前置数据采集器无线发送来的

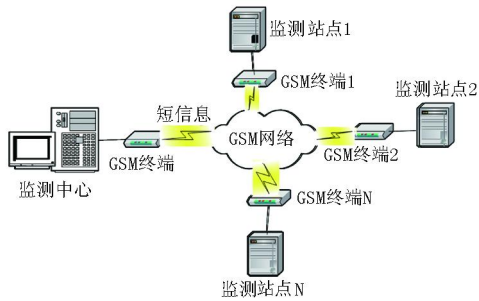


图3 BH-I型崩滑体多参数自动化监测仪传输系统框图

站名	通信ID	工频	主值	全值	精度		
平桥沟滑坡	2831	4861520828654	74	902	0.000	100	
平桥沟滑坡	2832	+8613684042271	95	7430	0.000	000	
平桥沟滑坡	2834	+8615084921628	12	902	0.000	000	
平桥沟滑坡(已破坏)	2835	+8613438921185	12	8008	0.000	000	
平桥沟滑坡	2836	+8613638174289	75	902	0.000	000	
平桥沟滑坡	2810	+8613684042213	57	7438	0.000	000	
平桥沟滑坡	2811	+8613684042205	89	902	0.000	000	
平桥沟滑坡	28305	+8618233642746	89	902	0.000	000	
平桥沟滑坡	2839	+8613684042205	87	902	0.000	000	
平桥沟滑坡	281-1	+861592248134	15	7430	0.000	000	
平桥沟滑坡	281-2	+8615828428004	17	8099	0.000	000	
平桥沟滑坡	281-3	+8615828428004	79	902	0.000	000	
平桥沟滑坡	281-4	+8615828428004	95	7430	0.000	000	
平桥沟滑坡	281-5	+8615828428004	13	800A	0.000	000	
平桥沟滑坡	281-6	+8615828428004	79	902	0.000	000	
平桥沟滑坡	281-7	+8615828428004	15	743A	0.000	000	
平桥沟滑坡	281-8	+8615828428004	19	8007	0.000	000	
平桥沟滑坡	281-9	+8615828428004	79	902	0.000	000	
平桥沟滑坡	281-10	+8615828428004	12	743C	0.000	000	
平桥沟滑坡	281-11	+8615828428004	1	8821	8079	0.000	000
平桥沟滑坡	281-12	+8615828428004	2	772A	9021	0.000	000
平桥沟滑坡	281-13	+8615828428004	3	822F	7430	0.000	000

图4 BH-I型崩滑体多参数自动化监测仪通讯接收人机界面

站名	通信ID	工频	主值	全值	精度
11106	20080031011	48615201301157797902101061216562871894721			
11107	20080031011	48615201301157797902101061216562871894721			
11108	20080031011	48615201301157797902101061216562871894721			
11109	20080031011	48615201301157797902101061216562871894721			
11110	20080031011	48615201301157797902101061216562871894721			
11111	20080031011	48615201301157797902101061216562871894721			
11112	20080031011	48615201301157797902101061216562871894721			
11113	20080031011	48615201301157797902101061216562871894721			
11114	20080031011	48615201301157797902101061216562871894721			
11115	20080031011	48615201301157797902101061216562871894721			

图5 BH-I型崩滑体多参数自动化监测仪监测系统接收后宿人机界面

光纤推力数据进行数据处理分析。

图6为崩滑体多参数系统设置后宿人机界面图,主要用于对野外前置数据采集器无线发送来的滑坡姿态、加速度数据进行数据处理分析。

命令	说明	读写	长度	设置参数
1	控制手机号码	RW	11	如 13612341234
2	本地时间设置	RW	16	年 月 日 时 分 秒 2008/12/08/20/20
3	开机时间设置	RW	2	时 分 50 12/30
4	光纤通道数	RW	2	0 1 (个)
5	仪器设置	RW	7	如 0120002
6	仪器类型选择	RW	3	如 01 岩石类 02 土质类 03 岩层类 04 滑动类

图6 BH-I型崩滑体多参数自动化监测仪系统设置后宿人机界面

还有岩土层含水量、三维位移参数(可视化地表位移、深部)等后宿人机界面软件。

3 主要技术指标

- (1)加速度计量程 0 ~ ±2g, 零位稳定性 5 × 10<sup>-4</sup>g, 分辨率 1 × 10<sup>-5</sup>g;
- (2)方位角、定向角测量范围 0° ~ 360°, 精度 ± 2°;
- (3)倾角、俯仰角、横滚角测量范围 0° ~ 90°, 精度 ± 0.1°;
- (4)岩土层含水量 0 ~ 100% (容积含水量), 精度 ± 2%;
- (5)岩土层可渗透性 0 ~ 30 min, 精度 ± 5%;
- (6)温度 -10 ~ 45 °C, 精度 ± 0.2 °C;
- (7)渗透压 1 MPa, 精度 ± 0.2 %;
- (8)地下探管抗液压强度 3 MPa;
- (9)工作温度 0 ~ ±45 °C。

4 野外试验

4.1 地层情况和试验钻孔实际剖面情况

野外测试测点安排在重庆市奉节县陈家沟滑坡。陈家沟滑坡位于奉节梅溪河左岸河口地段,场地高程 82 ~ 410 m。滑坡平面呈多个扇形叠加的不规则形状,滑坡平均厚度达到 99.35 m,分布面积 285000 m<sup>2</sup>。滑坡体形态保持比较完整,滑体两侧均有冲沟围切,滑坡区地坡度较大,发育有多级缓坡平台,平均坡度在 25°左右,但局部高达 50°。

由于滑体成因、序次及物质组成的差异使滑体的物质组成具有成层性,自上而下依次为:

- (1)滑体表层夹碎石层,为粉质粘土夹少量碎石块,厚度 0 ~ 6 m,分布不连续;
- (2)块石、碎石加土,为滑体的主要组成部分;
- (3)似基岩层状破碎块体,厚 7.30 ~ 36.23 m,分布不连续;
- (4)碎石土层,挤压破碎强烈,多具一定的磨圆特性,底部发育滑动带厚 0.4 ~ 3 m。

该滑坡目前处于基本稳定状态,但由于奉白公路的开挖,在一些地段形成陡峭地形,滑坡稳定性被破坏,前缘出现了小规模次级浅层滑动;陈家沟滑坡目前只限于小规模的变形解体,无整体复活迹象。在三峡蓄水后以及公路的开挖,前缘临江一带具有出现较大规模变形破坏的可能性,是进行本次试验的理想地点。

4.2 测试基本情况

测试起止时间:2011年12月24日11时57分开始,2012年02月06日11时57分结束。

采用BH-I型崩滑体多参数自动化监测仪,并采用我所自主研发的实时自动化采集系统进行数据采集和发送。本次多参数监测试验分为5种参数的试验,见表1。

表1 多参数传感器的安装点位及埋设情况

传感器类型	埋设点位
渗流压	孔内水下10 m
渗流热	孔内水下10 m
姿态、加速度	滑坡体前缘
雨量	滑坡体前缘
可视化	面对滑坡主滑方向

在渗流压、渗流热以及姿态加速度等参数的测试中,首先设定自动监测的周期,本试验设定每天采集一次。到了设定时间,该系统给仪器打开电源,然后启动A/D转换采集程序,通过仪器内设RS-232串口把采集的数据发送到通讯盒的存储器中,然后通过短消息(SMS)或者GPRS发送到中心站,经智能手机或笔记本电脑接收进入数据库进行保存。

在雨量和可视化参数的测试中,通过先前设定自动监测的周期,该系统给仪器打开电源,然后启动

数据采集程序,通过仪器内设RS-232串口把采集的数据发送到通讯盒的存储器中,然后通过短消息(SMS)或者GPRS发送到中心站,经智能手机或笔记本电脑接收进入数据库进行保存。

为使仪器长期连续稳定工作,采用了充电电池和太阳能电池组合工作,为防雨防雷损坏仪器专修防雷雨监测箱和无线避雷针,保证了系统安全正常工作。

#### 4.3 测试结果及分析

监测方位:西南向192°;

顶角:3.01°~3.10°间变化;

横滚角:11.26°~18.19°间变化;

俯仰角:86.90°~86.91°间变化;

水平合成位移(按坡面到基岩1500 mm计算):52.51~54.07 mm间变化;

雨量强度:除有几天较弱,其他时间基本没有雨;

孔内渗流热:孔内温度在15.4~15.8℃间变化。

具体测试结果见表2。

表2 滑坡监测数据表

监测时间	雨量强度	渗流热 /℃	渗流压 /MPa	顶角 /(°)	俯仰角 /(°)	横滚角 /(°)	横向位移 /mm	垂直位移 /mm	水平合成 /mm
2012-01-24 11:57:30	0	15.5	0.5296	3.05	86.95	11.86	52.07	998.58	53.20
2012-01-25 11:57:30	0	15.6	0.5297	3.05	86.95	16.57	50.99	998.58	53.20
2012-01-26 11:57:30	0	15.6	0.5295	3.07	86.93	16.52	51.34	998.56	53.55
2012-01-28 11:57:30	0	15.6	0.5297	3.06	86.94	16.54	51.17	998.57	53.38
2012-01-29 11:57:30	0	15.7	0.5296	3.07	86.93	16.57	51.33	998.56	53.55
2012-01-30 11:57:30	0	15.6	0.5297	3.06	86.94	16.51	51.18	998.57	53.38
2012-01-31 11:57:31	0	15.6	0.5297	3.04	86.96	17.40	50.60	998.59	53.03
2012-02-01 11:57:30	0	15.6	0.5298	3.04	86.96	16.58	50.82	998.59	53.03
2012-02-02 11:57:30	0	15.6	0.5297	3.05	86.95	16.54	51.00	998.58	53.20
2012-02-03 11:57:30	0	15.6	0.5297	3.06	86.94	18.19	-45.36	998.57	53.38
2012-02-04 11:57:30	0.2	15.4	0.5296	3.08	86.92	11.85	52.58	998.55	53.73
2012-02-05 11:57:30	0.8	15.3	0.5299	3.05	86.95	11.87	52.06	998.58	53.20
2012-02-06 11:57:29	0	15.4	0.5305	3.06	86.94	18.15	-45.34	998.57	53.38

从监测的情况来看,监测方位、横滚角、俯仰角、顶角均有变化,水平合成位移值最小为52.51 mm,最大仅54.07 mm,应该是一种细微的晃动,未到滑坡的警戒线。BH-I型崩滑体多参数自动化监测仪、野外太阳能供电系统、无线通讯工作正常。

#### 4.4 试验结论

(1)通过野外试验所测数据,证明BH-I型崩滑体多参数自动化监测仪工作正常,所测的多参数数据可靠,并可连续实时自动遥测采样和存储,是一

种理想的崩滑体多参数自动化监测仪;

(2)BH-I型崩滑体多参数自动化监测仪在地质灾害防治监测领域内首次采用领先的可视化摄像头监测仪进行滑坡体表层变形监测,并同时监测多种参数进行对比,除了量测滑坡体滑动姿态、加速度外,还能量测解算滑坡体孔内滑动位移量,孔内温度及压力,可以进行岩土层内剖面姿态、加速度测试以及滑坡表层的整体变形的量测。

## 5 结语

BH-I型崩滑体多参数自动化监测仪的野外试验取得了初步预想的成果,由于岩土层含水量、降雨量、滑坡深部位移、地表变形、渗流热、渗流压、滑坡推力是滑坡监测的重要参数,随着科学技术的发展,国内外有关单位必将要进一步开展对这一方面工作的研究,因此本项工作的实施将取得的技术成果其应用前景是相当广泛的,其经济社会效益也将是巨大的。从岩土工程推广面来看,可在地质灾害防治监测工程、地质灾害治理工程、水利工程、建筑工程、矿山工程、公路铁路边坡治理工程、隧道工程、桥梁工程等工程中开发使用。按应用技术领域来分,可在地基处理工程监测、地质灾害滑坡监测、锚固工程监测、水电大坝注浆工程监测、滑坡和人工边坡治理监测、桩基监测、深基坑开挖和处理效果检验监测、软地基加固和监测、堆石坝和堤防安全监测、矿山通

风和提升矿井、排水井、隧道冻结处理段、隧道“新奥法”施工、非开挖施工等监测应用。

## 参考文献:

- [1] 张倬元,王士天,王兰生.工程地质分析原理(第三版)[M].北京:地质出版社,2009.
- [2] 李箐.大渡河双江口水电站心墙堆石坝渗流渗压监测设计[J].四川水利发电,2010,(6).
- [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,(3).
- [4] 季伟峰,等.三峡库区何家湾滑坡监测及防治措施研究[J].中国地质灾害与防治学报,2007,18(1).
- [5] 陈喜昌,等.长江三峡工程库岸类型与稳定性[M].四川成都:四川科学技术出版社,1993.
- [6] 丁瑜,王全才,石书云,等.基于深部监测的滑坡动态特征分析[J].工程地质学报,2011,(2).
- [7] 陈文俊,周策,刘一民.滑坡体滑动姿态自动监测系统的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(11).

## 南极昆仑站深冰心第一次试钻成功

《中国海洋报》消息(2013-01-24) 当地时间1月21日上午,中国深冰心钻机在昆仑站安装完成后,成功进行了第一钻的试钻探,成功钻取了一支长达3.83 m的冰心,达到了该钻设计的最大钻取冰心长度。标志着我国深冰心科学钻探工程取得了关键性突破。

上午10时(北京时间13时),中国深冰心钻机第一钻试钻探正式启动。随着深冰心钻塔架缓缓竖起,司钻队员熟练地操作着控制器,将深冰心钻机送入深冰心钻探先导孔。

然而,第一钻没有想象中那么顺利。由于反扭装置的松紧度需要反复调整才能达到最佳状态,队员们进行了几次调试,但钻机仍没有达到理想状态。随后队员又不断完善孔底参数,反复微调,钻机最终达到了理想钻进状态。

11时30分,根据深冰心钻机系统的控制器显示,钻机第一回次的钻进深度已经达到单次钻进极限深度,完全符合深冰心钻机设计的最大取心要求。随着深冰心钻探项目现场负责人史贵涛的一声令下,司钻队员果断提钻,钻机被徐徐提起,钻塔被慢慢放平,队员小心翼翼地将冰心取出,一支长达3.83 m的完整冰心呈现在大家面前。这一刻,挑战自我的激情和梦想成真的兴奋汇聚在深冰心项目现场,激荡在每一个队员的心中。随后,队员们一鼓作气,又接连进行了两个回次的钻探,分别取出长达3.57和3.59 m的完整深冰心。

望着经过自己和队友们不断努力而成功钻取的中国首

支深冰心,史贵涛激动地说:“这是中国深冰心钻机钻取的第一钻,是中国深冰心钻探的光辉起点。”

史贵涛表示,在南极昆仑站钻取地下约3200 m处的深冰心,开展100万年时间尺度内的全球变化研究是南极昆仑站考察的一项重要科研目标。通过钻取和研究穿透冰盖的冰心,重建地球系统百万年时间气候变化序列,阐明地球气候变化的机制,揭示冰盖底部性状及其底床的基本性质。同时,通过冰心样品可以研究气候变化过程地球生物界的影响,也有可能发现地球历史上曾经出现的生命以及生态系统。

“冰心科学钻探是地球科学的前沿,是当今地学界举世公认的深化冰盖科学研究,也是探究过去全球变化和未来气候环境变化理论、解决人类可持续发展的必由之路。”第29次南极考察队副领队、昆仑站队长孙波说,“冰心钻探对中国南极科学的影响深远,中国在昆仑站成功钻取深冰心是一个标志性成果,标志着中国实现了深冰心钻探工程零的突破。中国向着冰心研究强国的目标迈出了重要的一步,也为加强冰盖科学研究提供了重要机遇。”

“通过深冰心科学钻探工程的实践,我国可以探索出一条在南极开展重大科学工程的创新道路,并对科学研究、工程技术、后勤保障间相互协调的联合攻关新模式进行了有益实践。”孙波说。