

基于 PDA 和蓝牙的无缆钻孔测斜仪

李 忠

(中国地质科学院探矿工艺研究所,四川 成都 610081)

摘 要:介绍了一种基于 PDA 和蓝牙的无缆钻孔测斜仪。该仪器采用三轴磁阻传感器和两轴加速度计传感器作为测量元件,适用于无磁干扰的钻孔测斜;采用自动存储方式进行数据采集,取消了测井电缆的配置;以 PDA 为核心,开发了基于 Windows Mobile 6.0 平台的测斜软件;以蓝牙代替数据线实现测斜仪和 PDA 的无线通讯传输。该仪器具有精度高、可靠性好、质量轻、配套设备少和操作简便等优点,极大的减轻了野外作业强度,提高了效率,同时也大幅度降低了使用单位配置成本。

关键词:钻孔测斜仪;PDA;蓝牙

中图分类号:P634.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)05-0049-04

A No-cable Borehole Inclinator Based on PDA and Bluetooth/Li Zhong (The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 610081, China)

Abstract: This paper introduces a no-cable borehole inclinometer based on PDA and bluetooth, which uses triaxial semi-conductor magnetometer and two-axis accelerometer sensor as the measuring element and is suitable for non-magnetic interference borehole. Automatic storage approach is used for measurement data acquisition without cable logging configuration; taking PDA as the core, a measurement software based on Windows Mobile 6.0 is developed; wireless communication between inclinometer and PDA is realized by bluetooth instead of the data cable. The instrument has advantages of high precision, good reliability, light weight, less supporting equipment and easy operation, can greatly reduce the field work intensity with higher efficiency and significantly reduce the configuration costs.

Key words: borehole inclinometer; PDA; bluetooth

0 引言

常规的钻孔测斜仪系统由测斜仪探头、测井电缆、绞车、控制系统、数字采集器和笔记本电脑等几部分组成,其中测井电缆既是连接测斜仪探头与数字采集器的导线,也是提升测斜仪的牵引绳,笔记本电脑则进行测斜数据的采集和处理等。测井电缆、绞车和控制系统的配置既增加了成本,同时也极大的增大了测斜仪系统的质量,特别是目前的钻孔深度较深,需要配备的电缆长度较长,一般均需配备 1000 m 甚至更长,加上绞车和电机,质量有好几百千克,野外搬迁、运输困难,特别是许多车辆无法开到工作现场的机台,其搬迁全靠人力,往往需要 10 人才能将整套系统搬运至机台,费时费力。

为了减轻现场搬运劳动强度,同时降低使用单位配置成本,我所特别研制开发了基于 PDA 和蓝牙的无缆钻孔测斜仪。

1 系统简介

1.1 系统组成

系统主体包括测斜仪探头和 PDA(掌上电脑)(如图 1 所示),配套设备包括钢丝绳、绞车和深度计。全套系统简单,轻便,非常适合野外作业需求,仪器的下放和提升用钢丝绳或钻具进行,而钢丝绳和绞车不需要另行配备,直接利用机台上现有设备即可;深度计可用简易的带计数功能的孔口滑轮代替。



图 1 基于 PDA 和蓝牙的无缆钻孔测斜仪

取消测井电缆,充分利用机台现有的钢丝绳和绞车,极大的降低了系统质量,减轻了搬运工作强度,在测斜时需要搬运的东西仅包括测斜仪探头和孔口滑轮,该工作仅需 2 人即可完成,同时也大幅度节约了配置成本。

收稿日期:2010-01-26

作者简介:李忠(1972-),男(汉族),四川遂宁人,中国地质科学院探矿工艺研究所高级工程师,探矿工程专业,硕士,从事钻孔测斜仪及岩土工程监测仪器、仪表研究开发和技术服务工作,四川省成都市一环路北二段 1 号,lizhong_iet@126.com。

1.2 仪器主要特点

(1) 仪器采用进口三轴磁阻传感器和两轴加速度计作为测量敏感元件,精度高,稳定性好,适用于无磁干扰的钻孔测斜。

(2) 测斜仪探头内置充电锂电池和存储器,利用锂电池供电,利用存储器进行测量数据的存储,彻底取消了测井电缆。

(3) 采用 PDA 取代笔记本计算机进行测斜操作和控制,提高了仪器的便携性,同时也降低了配置成本。

(4) PDA 与测斜仪探头之间的通讯采用蓝牙连接,减少了数据电缆的插拔和使用,提高了野外操作的简便性。

(5) 仪器测量方式为自动存储式,其工作方式是:在地面上由 PDA 向测斜仪探头发送测量指令后,探头内的单片机即开始按设定的采样间隔自动采集测量数据并进行保存,仪器下放到需要测量的孔段,让其保持静止稳定状态,采用 PDA 记录下当前时间,然后将仪器再下放到另一个测点,静止稳定,记录其时间,以此方法,直到完成所有测点的测量,然后将仪器从孔内提出,与掌上电脑(PDA)通过蓝牙进行连接,利用 PDA 中的测量软件将数据读出,进行相应处理即可,可在测量现场快速获得测斜结果。

1.3 仪器主要技术指标

顶角 $0 \sim 70^\circ \pm 0.5^\circ$; 方位角 $0 \sim 360^\circ \pm 3^\circ$ ($3^\circ \leq \text{顶角} \leq 70^\circ$); 工作温度 $-10 \sim 75^\circ\text{C}$; 耐压: 15 MPa; 外型尺寸 $\varnothing 33 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$ 。

2 硬件设计

测斜仪探头结构如图 2 所示,主要包括传感器、测量电路、锂电池和蓝牙模块。



图 2 基于 PDA 和蓝牙的无缆钻孔测斜仪探头结构图

2.1 传感器

传感器选用的是国外进口集成的传感器(如图 3 所示),它包括两轴加速度计和三轴磁阻传感器,其精度高,稳定性好,磁场测量范围 $\pm 2 \text{ Gauss}$, 磁场分辨率 $< 1 \text{ mGauss}$, 加速度计量程 $\pm 90^\circ$, 分辨率 $< 0.02^\circ$, 工作温度范围为 $-40 \sim 85^\circ\text{C}$, 传感器内部配有温度传感器,具有温度自补偿的功能,供电电压 $7 \sim 15 \text{ V(DC)}$, 输出为 RS232 串口数字信号,波特率 $1200 \sim 38400$ 可调。

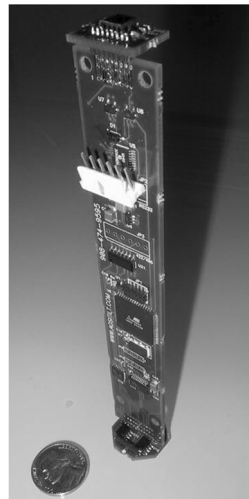


图 3 传感器

2.2 测量电路

测量电路包括单片机、存储器以及通信接口电路,单片机采用 AT89S52, 存储器采用 AMD 的 AM29F040B, 通信接口电路采用 RS232C 串行通信方式传送数据, 串行口电平转换采用 MAX3232 芯片, 图 4 为测量电路板实物图。

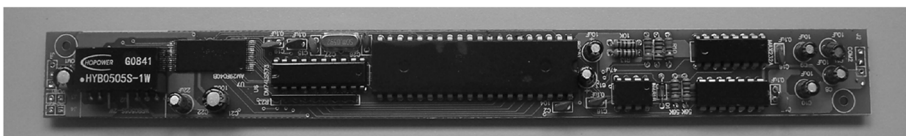


图 4 测量电路板实物

2.3 蓝牙通信电路

蓝牙是一种低功耗、短距离无线通信技术,能在包括移动电话、PDA、无线耳机、笔记本电脑和相关外设等众多设备之间进行无线信息交换。蓝牙技术的主要优点是:(1)可以方便地建立无线连接,代替传统的有线电缆连接;(2)移植性较强,适用面广;

(3) 安全性较高,每一台蓝牙设备的地址全球唯一;(4) 蓝牙设备功耗低,成本也较低,与其他通信设备相比,设计开发较为容易。

蓝牙的标准是 IEEE802.15, 工作在全球通用的 2.4 GHz 频带(即用于工业、科学、医学的全球公用频段,又称 ISM 频段), 带宽为 1 Mb/s , 并采用时分

双工的传输机制来实现全双工传输。通过芯片上的无线接收器,配有蓝牙技术的电子产品能够在 10 m 的距离内彼此相通,传输速度可以达到每秒钟 1 M 字节。以往红外线接口的传输技术需要电子装置在视线之内的距离,而现在有了蓝牙技术,这样的麻烦也可以免除了。

蓝牙通信电路是为仪器测量电路和掌上电脑之间进行无线通信,省去了以往的电缆连接,更方便野外的使用。蓝牙通信电路是在蓝牙模块的基础上,进行了二次开发,以满足本仪器的要求。选用的是斯图曼公司的 BlueRS + MF3 蓝牙芯片,BlueRS + MF3 有如下特点:外置天线,工作频率为国际通用的数传频段,支持多种波特率(1200 ~ 921600 b/s),工作速率最高可达 2178 kb/s,低工作电压(3.3 V),低功耗等。图 5 为该电路板实物图。

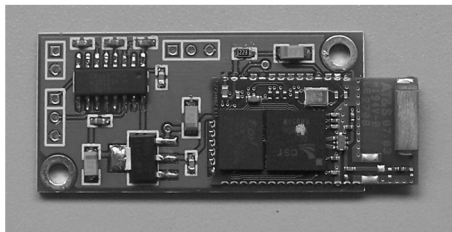


图 5 蓝牙通信电路板

3 测量原理

当探管处于不同位置的钻孔中时,磁阻传感器的 3 个敏感轴会根据周围磁场的不同而输出相应的模拟量,通过坐标转换及程序计算,可计算出传感器所在位置的方位角度,从而得到所测钻孔轨迹,钻孔顶角的计算则利用两轴加速度计的输出,进行矢量合成计算。

磁力计测出地磁场 H 分别在测斜仪 X 轴、 Y 轴和 Z 轴的磁场强度 X 、 Y 、 Z ,加速度计测量出 X 轴的倾斜角(横滚角) R 和 Y 轴的倾斜角(俯仰角) P ,在无罗差的情况下,运用下列旋转方程式可以将 X 、 Y 和 Z 磁场强度读数换算回到水平面(X_H, Y_H):

$$X_H = X \cos P + Y \sin R - Z \cos R \sin P$$

$$Y_H = Y \cos R + Z \sin R$$

钻孔方位角:

$$\psi = \arctan(Y_H/X_H)$$

钻孔顶角:

$$\theta = \arcsin \sqrt{\sin^2 R + \sin^2 P}$$

式中: X ——磁阻传感器 X 轴向的地磁场强度;
 Y ——磁阻传感器 Y 轴向的地磁场强度; Z ——磁阻

传感器 Z 轴向的地磁场强度; X_H ——磁场强度 X 轴向水平投影; Y_H ——磁场强度 Y 轴向水平投影;
 R ——加速度计横滚角; P ——加速度计俯仰角。

4 基于 PDA 的软件设计

本系统采用惠普 iPAQ112 型号 PDA 作为硬件开发平台,软件开发平台为 Visual basic. net 2005 的智能设备应用程序开发,PDA 的操作系统是 Windows Mobile 6.0(属于 Windows CE 的高级版本)。PDA 提供蓝牙虚拟串口服务(其虚拟的串口为 COM5),一旦与其它蓝牙设备建立了连接,就可以用串口的方式进行蓝牙通讯。本系统的 PDA 蓝牙作为主设备,主动发起连接,而测斜仪探头端的蓝牙模块作为从设备,始终处于被搜索,被连接的状态。

软件功能主要包括:仪器联机、清除数据、测量计时和数据处理等。

4.1 仪器联机

仪器联机是将 PDA 和测斜仪探头通过蓝牙虚拟串口服务进行连接,连接成功后,PDA 发送指令读取测斜仪探头内已测量钻孔的个数和剩余存储空间等基本信息,为测量准备工作提供参考。

4.2 清除数据

因井下仪器的存储器容量有限,最多能存储 9 h 的连续数据,因此在开始新的钻孔测斜前,需要对已获得测量结果的数据及时进行清除,以确保下一个钻孔测斜时有足够的空间存储数据。

4.3 测量计时

仪器测量时,井下探头按设定时间间隔自动采集数据并进行存储,PDA 记录各测点测量时的时间,通过时间来对应井下仪器的数据。该功能流程主要包括输入钻孔编号、发送测量指令、记录各测斜点时间、输入测点孔深等,其流程如图 6 所示。

4.4 数据处理

数据处理是测量软件的主要部分,其基本流程是通过提取测量记时文件中的各测斜点对应的时间关系,来读取相应测点的测斜原始数据,并进行相应的计算处理,获得测斜结果,其基本流程如图 7 所示。

5 结语

基于 PDA 和蓝牙的无缆钻孔测斜仪,减少了测井电缆和笔记本计算机的配置,具有精度高、可靠性好、质量轻、配套设备少和野外操作简便等优点,极大的减轻了野外作业强度,提高了效率,同时也大幅

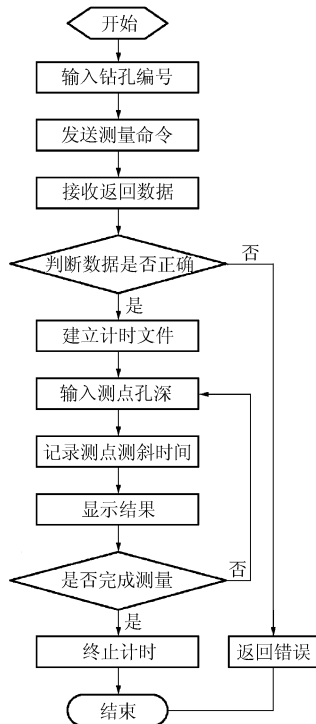


图6 测量计时流程图

度降低了使用单位配置成本,具有良好的市场前景。该系统已在多个钻孔中进行应用,获得了用户的好评。

参考文献:

- [1] 王佃明,郭启锋,黄磊博,等. 存储式钻孔测量仪的研制与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(7).

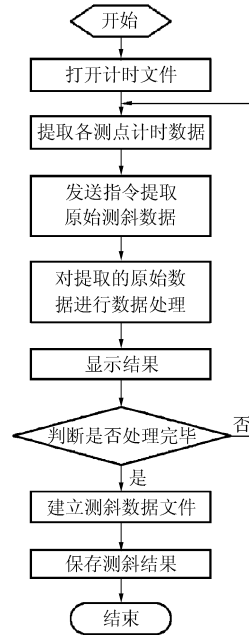


图7 数据处理流程图

- [2] 周策,陈文俊. 存储式磁阻多点连续测斜仪的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,(32)7.
- [3] 王岚,代粉蕾. HMC2003 磁阻传感器在钻孔测斜仪中的应用[J]. 西部探矿工程,2008,(6).
- [4] 肖圣泗,等. 钻孔弯曲测量[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [5] 钱志鸿,杨帆,周求湛. 蓝牙技术原理、开发与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [6] 傅莉萍,伍川辉,刘伟. 蓝牙技术在钻孔测斜仪中的应用[J]. 中国测试,2009,35(5).
- [7] 朱本城,王凤林. Visual Basic. NET 2005 全程指南[M]. 北京:电子工业出版社,2008.

(上接第35页)

下放楔子前,必须将钻孔冲干净,孔底严禁有沉渣。剪断螺丝时,下放速度一定要快,同时要控制好钻机手把,以利于剪断螺丝且不至于损坏楔子面。

5.3 钻进时应注意的事项

楔子下放成功后,每次钻具下到楔子顶部时,必须慢下,若遇阻,转圈后再轻轻下放,严禁猛蹶,以免破坏楔子头。

在钻头或“脑袋”离开楔子面以前,每次开钻前,要将钻具提离孔底,轻压慢转,直至平稳进尺,此时,进尺仍不能快。

钻进时钻具严禁上下窜动,以免碎石卡住钻具。

钻进不进尺时,必须立即采心提钻,严禁长时间在同一部位转动,以免破坏楔子面。

孔底岩心尽量采取干净。

钻具脑袋尽量快点离开楔子面,换钻具时一定要

要保证“脑袋”在斜孔内。

6 体会

施工超过1000 m的钻探孔,施工技术方法、技术规程参数与施工中浅孔有很大的区别,难度较大。在1000 m以深补采煤心,以前很少施工,经验很少。但是,如果施工方案制定得当,施工时严格按照施工方案进行,将施工细节考虑全面一些,补采出合格的煤心还是完全可以的。

参考文献:

- [1] 孙一国. 中深孔终孔后补打斜孔采取煤样施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(3):16.
- [2] 韩广德. 中国煤炭工业钻探工程学[M]. 北京:煤炭工业出版社,2000.
- [3] 赵运兴. 煤田钻探技术手册[M]. 北京:煤炭工业出版社,1989.