

# 基于数据采集卡的无缆静力触探 数据采集系统的研究与设计

冯伟<sup>1</sup>, 李同录<sup>2</sup>, 邢鲜丽<sup>2</sup>

(1. 中煤西安设计工程有限责任公司, 陕西 西安 710054; 2. 长安大学地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:**通过对传统的静力触探数据采集系统进行改进,介绍了利用数据采集卡采集静力触探的压力数据,利用地上数据采集仪采集静力触探深度数据,数据采集过程中均运用时钟信息进行时间先后顺序和数据的同步匹配,通过数据存储模块可将数据存储下来,也可串行传输后把压力和深度数据通过液晶模块显示出来,最后将数据传入上位机管理系统中进行数据的综合处理,并将最终触探曲线显示出来。整个过程具有无缆化、采集精度高、集成度高、存储量大、经济便捷等特点,最后通过现场试验验证了改造后的静力触探数据采集系统的适用性。

**关键词:**静力触探;无缆化;时钟同步;数据采集卡

**中图分类号:**TU415 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)10-0045-05

**Study and Design of Wire-less Cone Penetration Test Data Acquisition System Based on Data Acquisition Card/**  
*FENG Wei<sup>1</sup>, LI Tong-lu<sup>2</sup>, XING Xian-li<sup>2</sup>* (1. China Coal Xi'an Design Engineering Co., Ltd., Xi'an Shaanxi 710054, China; 2. School of Geology Engineering and Geometrics, Chang'an University, Xi'an Shaanxi 710054, China)

**Abstract:** By the improvement on the traditional CPT data acquisition system, the paper introduced the collection of CPT pressure data using data acquisition card. The ground data acquisition instrument is used to collect the range data and the process of data collection is carried out with clock information to match in time sequence and data. The data can be stored with the data storage module and also can be displayed through the liquid crystal display module after the serial transmission. After integrated processing, the data were put into the host computer management system and the final data curve of CPT can be displayed. There are many characteristics in the whole process, such as wire-less, high precision of acquisition, high integration, large storage and being economic and convenient. The improved CPT data acquisition system is verified applicability through field experiments at last.

**Key words:** CPT; wire-less; clock synchronization; data acquisition card

## 0 前言

静力触探作为土体原位测试技术的一种,它能够在不扰动原始土层的情况下,提供土层和土力学参数,其快速、准确的优势被国内外广泛应用<sup>[1~3]</sup>。

目前国内现有的静力触探设备主要通过电缆线把采集到的压力信号传输到上位机中处理分析,在使用中存在很多不便<sup>[4,5]</sup>。首先,线缆长度随触探深度增加而增长,且探杆用线缆串联起来,造成加接探杆过程的困难,线缆也容易受损;其次,线缆长度的增加会导致探头传感器向上位机传输的信号产生额外的衰减,使上位机接收到的压力信号不能真实反映探头的实际工作情况。国内外也有少数厂家研制出了无缆全自动静力触探系统,主要通过无线电和光传送探头压力信号<sup>[6]</sup>。但因地下环境的复杂和金属探杆的信号屏蔽使得探头压力信号很难保证

高质量的传输到地面,而且无线传输系统成本较高,国内很少使用。为了避免这些缺点,我们对传统的静力触探数据采集系统进行改进,设计出基于数据采集卡的无缆静力触探数据采集系统<sup>[7,8]</sup>。

## 1 系统原理

### 1.1 系统构成

整个数据采集系统由地下压力数据采集卡、地上综合数据采集系统和上位机管理系统3大系统构成,并通过串行通讯模块交换数据<sup>[9]</sup>。

如图1所示,微控制器一为内部集成有A/D转换单元的单片机STC12C5A60S2;模拟信号调理模块由与静力触探探头相接的射级跟随电路、滤波电路和放大电路构成,滤波电路与微控制器一相接;数据存储模块一和数据存储模块二均为EEPROM存

收稿日期:2012-04-16;修回日期:2012-09-11

作者简介:冯伟(1983-),男(汉族),山东莘县人,中煤西安设计工程有限责任公司助理工程师,岩土工程专业,硕士,从事岩土工程专业工作,陕西省西安市雁塔路北段66号,123615142@qq.com。

存储器;微控制器二为单片机 STC89C52RC;操作按键模块包括用于对液晶显示模块的背光显示方式进行选择的背光按键和用于对液晶显示模块上所显示内容进行选择的上按键、下按键、左按键和右按键,以及确定按键和返回按键。触探头为静力触探双桥探头,光电编码器设置在探杆的顶端。

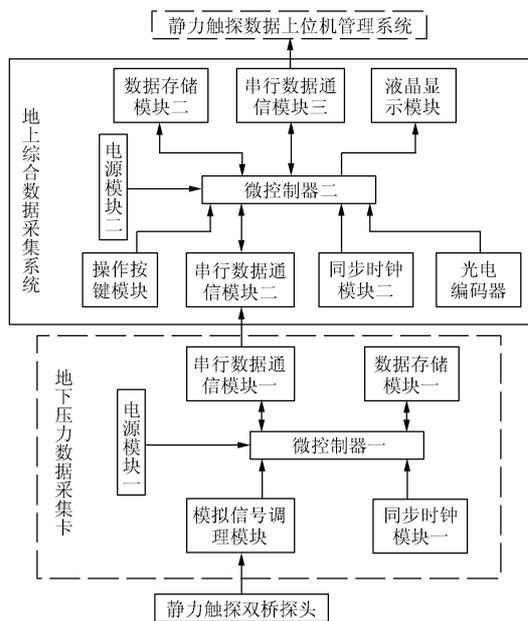


图1 无缆式静力触探数据采集系统设备连接框图

## 1.2 系统原理

整个无缆静力触探采集和处理系统之间的信号数据传输都依靠串行通讯<sup>[10]</sup>,其原理方法如下。

(1)模拟信号调理模块对静力触探探头所输出的压力信号依次进行射级跟随、放大和滤波处理后输出给微控制器一;微控制器一实时采集压力信号并进行A/D转换,同时读取同步时钟模块一所输出的同步时间。

(2)微控制器二定时采集光电编码器所输出的探杆深度信号,同时,读取同步时钟模块二所输出的同步时间并将同步时间和探杆深度信号以特定的格式存储在数据存储模块二中,并将其同步时间和探杆深度信号实时显示在液晶显示模块上。

微控制器二通过串行数据通信将地下压力数据采集卡中的同步时间和压力信号存储在数据存储模块二中,并同时同步时间、压力信号实时显示在液晶显示模块上。

压力数据与深度数据采集速度均为1次/s。

(3)地上综合数据采集系统将微控制器二所存储的同步时间、压力信号和探杆深度信号串行传输至上位机中,上位机调用数据处理模块对所接收到

的信号数据进行综合分析处理,并获得锥尖和锥壁阻力与探杆深度的对应曲线,同时调用数据显示模块对分析处理得出的对应曲线进行同步显示。

无缆式静力触探数据采集处理方法流程为:地下压力数据采集卡对静力触探探头初始检测值的信号实时采集与处理→地上综合数据采集仪对探杆深度信号及地下压力触探数据采集卡所输出信号进行实时采集、处理及显示→数据上传→静力触探数据处理与显示。

## 2 采集卡的设计

地下压力数据采集卡是无缆式采集处理静力触探探头压力信号的第一步,其采集处理后的信号质量对上位机处理信号的效果起着决定性的影响<sup>[11]</sup>,因此采集卡是整个数据采集系统的核心部件。

系统由硬件和软件组成,要让采集卡实现静力触探数据的无缆式采集主要需解决的关键技术有:系统可靠、长时间稳定供电;微弱电压信号的调理与放大;采集的大量数据有序存储<sup>[12]</sup>。

### 2.1 采集卡的硬件设计

系统框图如图1所示,其中模拟信号调理模块中射级跟随器电路和低通滤波选用LM224芯片,为四运放集成电路,电路功耗很小,工作电压范围宽,经示波器观测滤波截止频率取1kHz;差分放大电路选用高精度模拟运算放大器AD620,作为仪用放大器,具有精确放大功能,可以分辨出极微弱的信号,最小可达50μV,且最大工作电流仅为1.3mA。它将探头压力传感器产生的毫伏级微弱信号精确放大,再将信号输入微控制器内进行A/D转换,调理电路如图2所示。

微控制器为8位主控CPU STC12C5A60S2,工作电压5V,功耗低,性价比高,程序存储空间达60KB,提供2路串行通信接口,高速的8路10位A/D,且兼容传统控制器指令系统。

同步时钟模块采用时钟芯片DS1302,可生成年月日时分秒,提供了2种供电方式,可自动完成电路板电源和外界电源切换,功耗低。同步信息既可采用时分秒,也可以采用完整的时间信息,可灵活选用。

数据存储模块采用芯片AT24C256,采集卡存储的数据有2类:一类是压力数据,即电压值(毫伏级);另一类是时间数据(时、分、秒)。每2次电压值的差应在某一范围之外;一次存取的数据量为:压力值4字节(锥尖和侧壁传感器每路2字节)+时

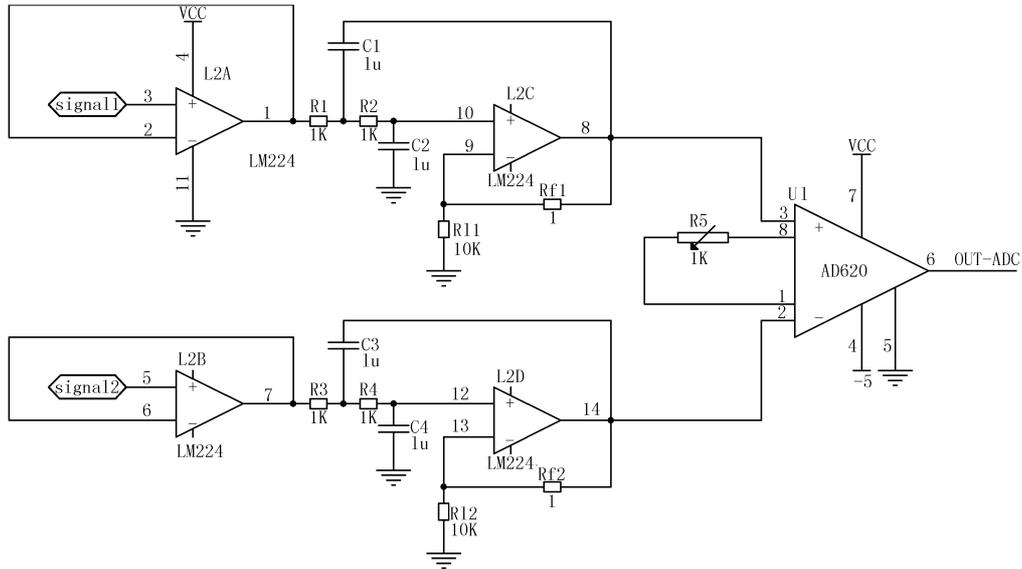


图 2 模拟信号调理电路图

间(时分秒各一字节)共 3 字节 = 7 字节,按每秒采集 2 个电压信号预算,32 Kbyte(256Kbit EEPROM)可存 4681 个采集的数据帧,即不间断采集 4681/7200 = 0.6 h 所得的数据。

串行通讯选用 MAX3232 作为 RS232 收发器,

它适用于近距离传输,工作电压 3.0 ~ 5.5 V,功耗低。

电源模块选用大容量 5 V 方块电池供电,容量 4800 mAh,使用循环寿命较长。微控制器及外围电路如图 3 所示。

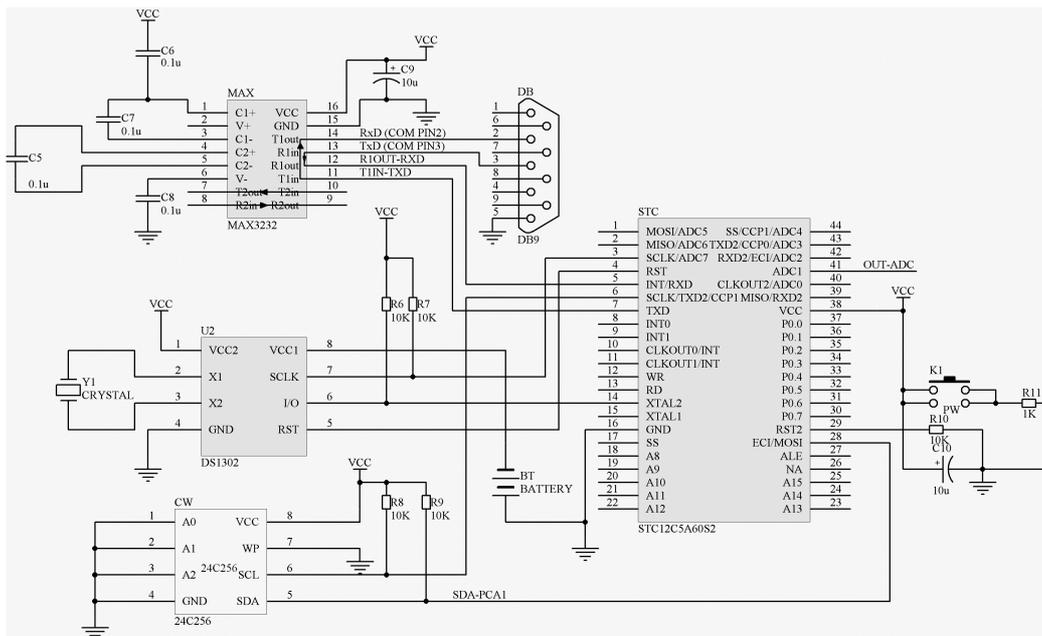


图 3 微控制器及外围电路图

## 2.2 采集卡的软件设计

本采集卡系统软件采用结构化的程序设计方法来实现<sup>[13]</sup>,根据高精度压力数据采集系统的功能要求,软件设计需要注意以下 2 点:

(1)为更精确的了解探头传感器受到的阻力变化,压力数据的采集时间间隔设为 1 s,即同步时钟

周期为 1 s。

(2)微控制器根据一定的判断依据判断 A/D 转换后的数据是否有必要存储,如果确定存储,则先存储同步时间,然后存储锥尖阻力信号和锥壁摩阻力信号。其判断依据为:

①当锥尖阻力信号数据和锥壁摩阻力信号数据

为0时,不存储。

②当连续出现相同或相近的锥尖阻力信号数据或锥壁摩阻力信号数据时,对应只存储2次。这种方式是基于静力触探探头电压信号变化的连续性<sup>[14]</sup>,即信号不会发生突变,好处是减少了冗余数据<sup>[15]</sup>。而且,上位机管理系统还可以还原出未存储的数据,确保了信息的完整性<sup>[16]</sup>。

图4是采集卡系统软件流程图。

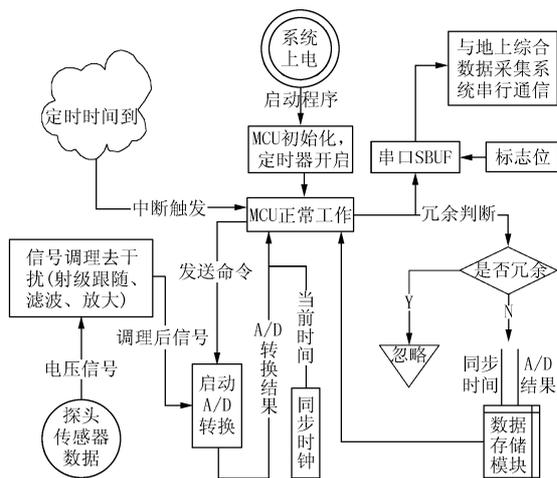


图4 地下采集卡软件系统流程图

### 3 现场试验

将改造后的静力触探仪在西安市某场地进行了现场试验,在2个钻孔旁边各布置一个静探孔,每孔深度为20.00 m,以便和钻探取样成果进行对比,检验所设计的静力触探数据采集系统的适用性。

#### 3.1 试验操作

将静力触探仪的上位机和双桥探头传感器进行校准检定,把地下压力数据采集卡和探头通过连线对接,并将其置于探头外接探杆内,如图5所示。按照《静力触探技术标准》(CECS 04: 88)<sup>[17]</sup>的试验步骤进行操作,由于进行无缆自动采集,只需人工加接探杆,贯入到预定深度,锥尖和锥壁阻力产生的压



图5 静力触探数据采集系统实物图

力数字信号即可存储在采集卡中。

试验结束后拔起探杆,将采集卡取出后和地上综合数据采集系统串行连接,此时通过液晶显示模块可查看压力和深度数据和各自对应的同步时间,即可检查试验数据的适用性,排查异常数据,也可以在上位机管理系统中查看静力触探成果曲线。

#### 3.2 试验成果检验

经过以上试验操作过程,将上位机中的静力触探成果数据和曲线输入到电脑中,其曲线为阻力值相对于触探深度的曲线,结合各静探孔周围的钻孔取样分层资料,各单孔静力触探成果曲线及其相应钻孔土层划分如图6所示。

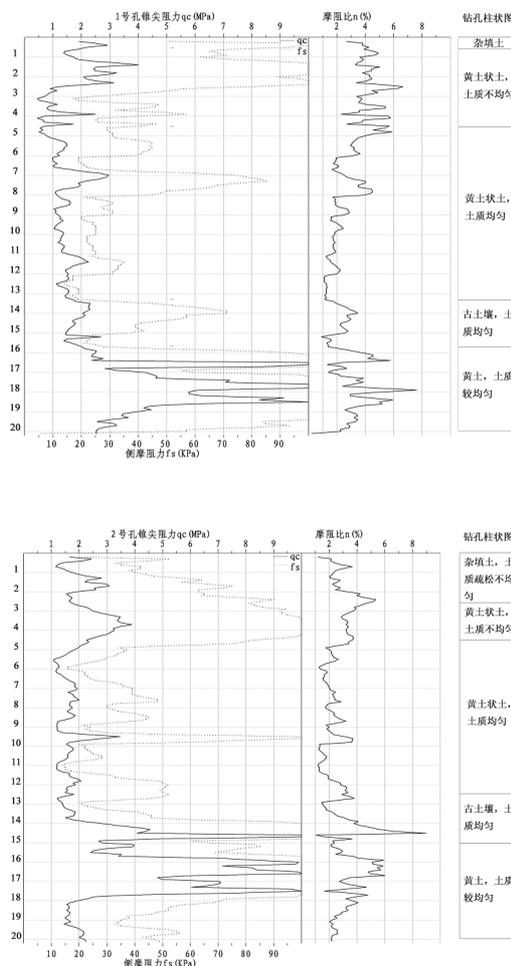


图6 静力触探试验成果曲线及其相应土层划分图

由图6左侧的静力触探曲线可以看出,曲线连续分布,即场地内各土层连续分布,无土层尖灭现象。有的曲线部分出现突变极值,分析其原因,是土层当中出现了钙质结核或坚硬物质,干扰了触探曲线。

图6右侧的土层划分是根据附近的钻孔经过取样及做室内试验得到的,可以看出,静力触探的曲线

变化和钻孔分层结果的吻合程度很高。说明改造后的静力触探仪采集的现场数据可以真实反映地层的变化,结合钻孔连成的地层剖面可以很好的为工程应用服务,验证了本设计改造后的静力触探仪符合静力触探的技术要求。

#### 4 结论

本系统对传统的有缆静力触探系统进行改造,利用数据采集卡进行静力触探原始信号的采集并串行传输,实现了无缆化的采集过程,原理上切实可行。其降低了试验过程中人工操作的难度,节省时间,相对无线传输的采集方式而言成本低廉,更好的保证了采集信号的质量和精确度。实地试验证明所设计的静力触探采集系统可靠、实用,有推广前景,但还不能实时显示试验数据,不可能随时了解到探头下探的实际情况,由于还没有找到好的无线方案能减小金属管筒的屏蔽效应,无线传输率很低且代价昂贵,还需进一步的研究和尝试。

#### 参考文献:

- [1] 张鲁斌,徐萍.静力触探试验在工程勘察中的应用[J].资源环境与工程,2008,22(1):73-76.
- [2] GB 50021-2001,岩土工程勘察规范[S].
- [3] SL 237-1999,土工试验规程[S].
- [4] 王钟琦.静力触探技术的实质及其应用现状与前景[J].工程

- 勘察,2008,(10):1-3.
- [5] 徐升.浅谈静力触探及其发展状况[J].今日南国,2009,(7):214-216.
- [6] 黄兴鹊.静力触探试验新技术[Z].北京:欧美大地仪器设备中国有限公司,2008:1-3.
- [7] 张翔.基于数据采集卡的静力触探数据采集系统的研究[J].城市勘测,2004,(2):1-4.
- [8] 顾宝和.《岩土工程勘察规范》中的静力触探问题[J].工程勘察,2008,(10):4-5.
- [9] 袁聚云,徐超,赵春风,等.土工试验与原位测试[M].上海:同济大学出版社,2004.220-266.
- [10] 马振超.静力触探试验在工程勘察中的应用[J].民营科技,2009,(4):177-178.
- [11] 董晓马,杨广军.静力触探技术发展及研究动向[J].西部探矿工程,2008,(9):12-14.
- [12] Abu-Hassanein, Z. S. Use of electrical resistivity measurement as a quality control tool for compacted clay liners[D]. Master-Thesis, Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin-Madison, 1994.
- [13] M. Fukue, T. Minato, H. Horibe, N. Taya. The micro-structures of clay given by resistivity measurements[J]. Engineering-Geology, 1999, (54):43-53.
- [14] 梁采源,王忠,薛晓娜.车速传感器和压电陀螺仪数据采集系统的设计[J].中国测量技术,2008,34(3):84-86.
- [15] Sadek, M. S. A comparative study of the electrical and hydraulic conductivities of compacted clays[D]. Ph. D. Thesis, Dept. of Civil Engineering, University of California at Berkeley, 1993.
- [16] 张耀峰.基于神经网络温度补偿的压力传感器的无线数据采集系统[D].天津:河北工业大学,2007.
- [17] CECS 04: 88,静力触探技术标准[S].

#### (上接第44页)

体上部阀门前的抽气管路旁加接一组自制的上下2个单向阀的自动吸排气阀组进行自动进气和排气,可以达到动态自动平衡,可以消除抽吸水的隐患。

#### 3.3.4 分离器的改进

根据系列装置的使用情况,我们认为可以将原4号孔矿方设计制作并在用的水气分离器改进为水淹闭式水气分离管,以大幅度降低工人操作难度和杜绝抽水的风险。

#### 4 应用效果

通过创新地采取以上综合治理措施和调试改进,消除了象山矿井进风巷的一个安全隐患点。同

时不仅使象山矿井11号煤底板奥灰水文地质探查试验钻孔工程得到了安全地恢复和进展,又为瓦斯发电厂提供了持续不断的瓦斯气体,增加了发电量,从而变废为宝,其技术经济效益明显。

#### 参考文献:

- [1] 国家安全生产监督管理局,国家煤矿安全监察局.煤矿安全规程[M].北京:煤炭工业出版社,2011.
- [2] 胡辰光.钻探工程技术及标准规范实务全书[M].安徽合肥:安徽文化音像出版社,2003.
- [3] 石智军.煤矿井下瓦斯抽采(放)钻孔施工新技术[M].北京:煤炭工业出版社,2011.
- [4] 杨黎明.机械原理及机械零件[M].北京:高等教育出版社,1983.