

文章编号:1671-251X(2011)06-0063-04

DOI:CNKI:32-1627/TP.20110523.1755.015

基于 LabVIEW 的微震实时监测系统

刘彬^{1,2}, 蒋曙光^{1,2}, 吴征艳², 谈建良^{1,2}, 赵勇明^{1,2}

(1. 中国矿业大学煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 江苏 徐州 221008;

2. 中国矿业大学安全工程学院, 江苏 徐州 221116)

摘要:针对锡铁山铅锌矿深部地压活动频繁的现状,提出了一种基于 LabVIEW 的微震实时监测系统的设计方案。该系统采用三分量检波器检测微震信号,通过前置放大电路、滤波电路、NI CRIO-9014 嵌入式实时控制器与 NI 9201 采集模块将信号送入工控机及 LabVIEW 软件平台进行处理,从而实现微震实时监测及定位功能。实际应用表明,该系统的实时性和准确性满足设计要求,具有一定的可行性。

关键词:深部地压;微震监测;LabVIEW;三分量检波器;P波初至到时定位

中图分类号:TD324 文献标识码:B 网络出版时间:2011-05-23 17:55

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110523.1755.015.html>

Real-time Monitoring System for Microseism Based on LabVIEW

LIU Bin^{1,2}, JIANG Shu-guang^{1,2}, WU Zheng-yan², TAN Jian-liang^{1,2}, ZHAO Yong-ming^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Coal Resources and Safe Mining of CUMT., Xuzhou 221008, China.

2. School of Safety Engineering of CUMT., Xuzhou 221116, China)

Abstract: In view of present situation of frequent activities of deep ground pressure in Lead-zinc Mine of Xitieshan, the paper proposed a design scheme of real-time monitoring system for microseism based on LabVIEW. The system uses three-component geophone to detect microseism signal and transmit the signal to industrial computer and LabVIEW software platform to make process through preamplifier circuit, filtering circuit, NI CRIO-9014 and NI 9201, so as to realize real-time monitoring and location function for microseism. The actual application showed that real-time performance and accuracy of the system meet with design requirements and the system has certain feasibility.

Key words: deep ground pressure, microseism monitoring, LabVIEW, three-component geophone, first arrival-time location of P wave

0 引言

随着地下矿山向深部矿床伸展,地下开采比重逐年增大,深部开采中的地压问题已严重影响到我国矿山的安全生产和经济效益。如何准确监测矿山的地压活动规律,避免或减少矿山动力灾害的发生,是我国所有地下矿山深部开采急需解决的问题^[1]。

岩石在外界应力作用下,其内部将产生局部弹塑性集中现象,当能量积聚到某一临界值之后,会

引起微小裂隙的产生和扩展,微裂隙的产生和扩展伴随有弹性波或应力波的释放并在周围掩体内快速传播,这种弹性波在地质上称为微震。微震监测技术可以记录、分析和处理微地震波,据此可确定冒落带、裂隙带的高度和空间位置,以反演出破裂源的空间位置和破裂时刻破裂源的性质。微震监测系统是通过监测岩体破裂产生的震动或其它物体的震动,对监测对象的破坏状况、安全状况等作出评价,从而为预报和控制灾害提供依据。微震监测系统可广泛应用于矿山岩体破裂的定位监测,是预报矿山压力、矿井突水、煤与瓦斯突出、冲击地压的有效工具^[2-5]。本文根据锡铁山铅锌矿深部地压活动频繁的现状,设计了一种基于 LabVIEW 的微震实时监测系统,

收稿日期:2011-03-07

作者简介:刘彬(1986-),男,湖北鄂州人,硕士研究生,研究方向为煤矿安全监控系统软件开发。E-mail:liub132@163.com

用于对锡铁山铅锌矿深部地压活动规律进行远程实时监测,实现了对多路微震信号的采集及震源的定位功能。

1 系统组成

基于 LabVIEW 的微震实时监测系统的最大特点是能直接置于井下进行长达数月的连续实时监测(工控机除外),避免了长距离数据传输造成的信号削弱和监测中断等问题。其硬件由传感器(三分量检波器)、采集控制器、采集卡、电源、机箱、光纤收发器等组成,软件采用虚拟仪器 LabVIEW 软件处理采集数据,从而实现微震定位功能。该系统组成原理如图 1 所示。

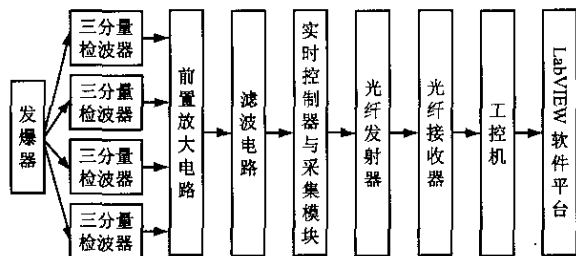


图1 基于 LabVIEW 的微震实时监测系统组成原理

图1中,发爆器引发雷管爆炸引起微震,传感器检测到微震信号,通过前置放大电路对微弱信号进行放大,再经过滤波电路将信号调理后进入 NI CRIO-9014 嵌入式实时控制器与 NI 9201 采集模块,通过 NI 9201 采集模块的 AD 转换,将信号送入工控机进行处理;利用 LabVIEW 软件及小波变换技术完成微震信号的记录、分析功能。

2 系统硬件设计

2.1 传感器系统

基于 LabVIEW 的微震实时监测系统所选用的传感器采取三分量拾震,避免了单分量拾震造成的数据残缺或丢失问题,传感器密封后置于不锈钢钢套中,具有防水和防腐蚀的特点,同时传感器拾震灵敏度高,拾震频率宽。

传感器的站网空间布置是微震实时监测系统能否满足要求的重要因素,主要考虑以下方面:

(1) 与定位算法结合,传感器的定位参数必须使得计算过程收敛;

(2) 经济、安全、高效,尽可能减少支出;

(3) 可操作性要强。由于传感器布置在钻孔里,所以钻孔深度不能太大,特别是地下操作空间狭小的情况;

(4) 监测范围要在微震实时监测系统允许的范围;

(5) 传感器布置过程中,传感器和信号电缆应尽可能避免其它信号的干扰,如电信号、机械振动信号等^[6]。

2.2 信号采集系统

基于 LabVIEW 的微震实时监测系统选择美国 NI 公司开发的 CompactRIO NI CRIO-9014 实时控制器和 NI 9201 采集模块采集和存储微震信号。NI CRIO 是一款高级嵌入式控制和采集系统,具有高耐久、低功耗等特点。NI CRIO-9014 包含一个 400 MHz 的 Freescale MPC5200 工业实时处理器、128 MB DRAM 内存和 2 GB 非易失存储介质;其设计极为坚固、可靠且电源能耗低,DC9 V 和 DC35 V 两种电源输入可用于 CompactRIO 机箱/模块的隔离供电,并可在 $-40 \sim +70$ °C 的温度范围内工作;由于 NI CRIO-9014 在上电状态可接受 DC9 ~ 35 V 电源输入,在运行过程中可接受 DC6 ~ 35 V 电源输入,因而使用 1 节普通电池或太阳能电池就能长时间实现远程应用。

与 NI CRIO-9014 配套的数据采集卡采用 NI 9201 高速数据采集模块。NI 9201 是一种具有 500 kS/s 采样率、8 通道模拟输入的 C 系列模块。对经济型多功能系统而言,NI 9201 以经济的价位提供了理想的通道数和速度。

2.3 通信系统

由于微震实时监测系统的工控机部分是放置在井上的,为了实现井下微震信号的远程采集功能,将井上工控机与井下 NI CRIO-9014 间的通信方式设计为光纤通信方式。光纤具有抗干扰能力强、保真度高、工作性能可靠以及远距离传输等优点,有多模光纤和单模光纤之分。单模光纤只有单一的传播路径,一般用于长距离传输,因此,本系统采用单模光纤。光纤收发器采用 Netlink10/100 M 自适应以太网光纤收发器,可以将 10/100Base-TX 的双绞线电信号和 100Base-FX 的光信号进行相互转换。单模光纤将网络的传输距离从铜线的 100 m 扩展到 100 km,其典型应用是以太网长距离互连,由于光纤收发器具有自适应功能,在与交换机连接时,交换机不需要任何设置。

3 系统软件设计

基于 LabVIEW 的微震实时监测系统软件是基于 LabVIEW 平台实现的。LabVIEW 是美国 NI

公司开发的一种基于图形化编程语言的虚拟仪器开发平台。它广泛地被工业界、学术界和研究实验室所接受,视为一个标准的数据采集和仪器控制软件^[7]。该系统软件包含的模块有数据采集模块、数据存储和读取模块、数据分析模块,其程序功能框图如图2所示。该系统软件的主要功能:

(1) 通过 NI CRIO-9014、NI 9201、工控机实时监测微震信号随时间的变化过程并将其波形在 PC 上显示;

(2) 对已采集信号进行数字处理,采用小波变换的分析方法滤除微震信号中的噪声^[8];

(3) 显示和打印采集到的微震信号和分析获得的数据、图形,并存储归档。

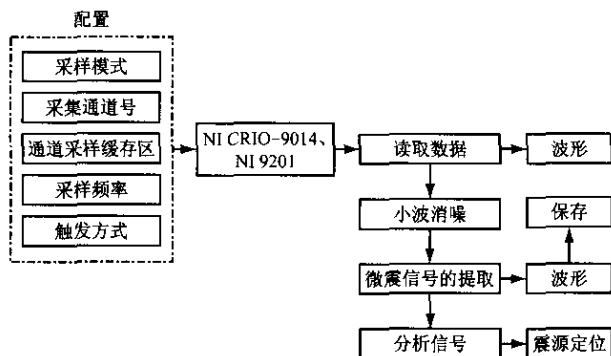


图2 基于LabVIEW的微震实时监测系统软件的功能框图

3.1 数据采集模块

在LabVIEW的数据采集程序中要选择与硬件匹配的驱动程序,并对采集的参数准确设置,才能保证后续程序对数据进行分析、处理和显示。LabVIEW本身提供了大量的控制对象,包含专门用于设计数据采集程序和控制程序的开发工具库和功能库。其中,LabVIEW的数据采集程序库包括了许多NI公司生产的数据采集卡的驱动控制程序,本文采用的是LabVIEW PnP 1.24驱动程序。数据采集程序定义的所有数据采集通道的工作情况通过Device Channels设置,采样频率通过Scan Rate控制,数据缓存区的大小通过Buffer Size控制,采集卡开始采集的触发方式采用Trigger控制。数据采集程序如图3所示。

3.2 数据存储与读取模块

数据存储和读取模块是将数据采集模块采集来的微震信号存储到工控机上。本系统采用Excel存储微震信号,可以方便地将多路微震信号同时记录或保存到一个文件中,便于以后的波形再现和分析,也可以接打印机直接将数据或再现的波形打印

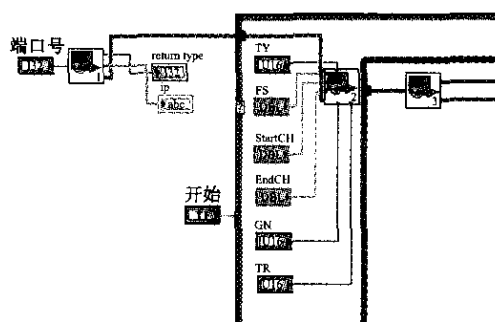


图3 数据采集程序

出来,以便日后对数据进行严密的后期分析。数据存储与读取程序分别如图4、图5所示。

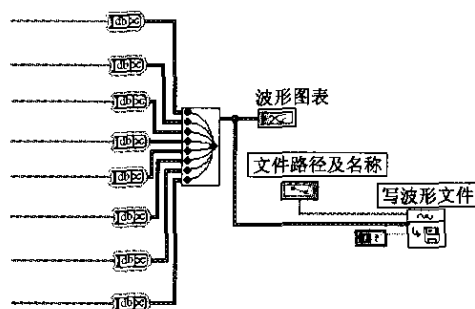


图4 数据存储程序

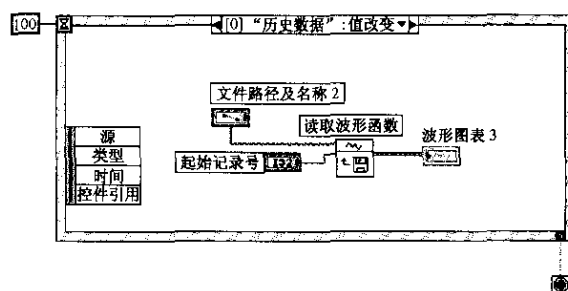


图5 数据读取程序

3.3 数据分析模块

前面进行的一系列的数据采集、处理任务的最终目的是利用小波分析方法进行震源定位。本系统依据初至时的定位方法,采用牛顿线性迭代法以及相关提高定位精度的去噪技术,编制了基于Matlab的定位程序。

对信号初至点的判断采用能量比法拾取信号初至时刻,即时窗滚动方法,可大大提高计算结果的准确性和稳定性。

信号初至点的能量比最大算法以Matlab Script节点方式实现,具体程序如图6所示,Matlab Script节点的输入为要进行初至点提取的信号采集样本,输出为能量比最大算法实现后的初至点的位置数。

需要注意的是,由于种种干扰的影响,很难准确

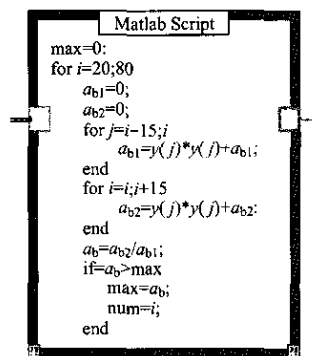


图6 能量比最大算法程序

地拾取微震信号初至时刻,各种干扰在影响初至波初至时刻的同时,噪声干扰也会影响地震波能量最大比值,可能使初至波出现多个最大能量比值点的现象,如果强行拾取这种地震资料,将会造成很大的误差,从而严重影响信号提取的精确度。本文采用对局部特征研究较有效的小波变换来恢复初至微震波形,并突出初至波初跳时刻,可使初至时刻拾取更为准确。所以在获取微震信号初至点前,先对信号进行小波消噪预处理,然后再用能量比最大算法提取波形数据。

微震定位采用P波初至到时定位原理^[9],通过编写 Matlab 程序可以确定微震发生位置。震源定位的部分程序如图7所示。

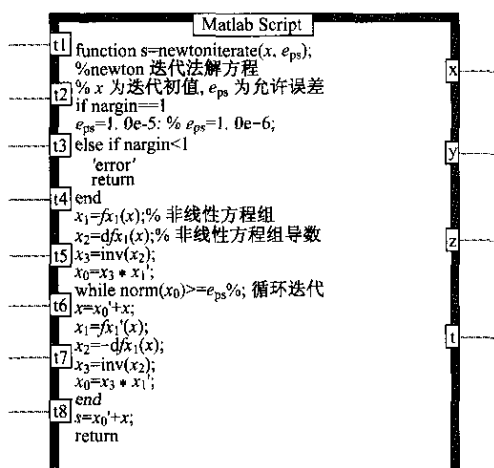


图7 震源定位的部分程序

P波初至到时定位方法的缺点是深度方向的定位不十分准确,主要原因是在不同深度处布置传感器并不容易,要布置得比较深肯定有困难。这样,地震波沿深度方向传播的信息量相对较少,定位精度不高在所难免。因此,依据P波初至到时定位方法

对传感器在深度方向上的布置有特殊要求,即尽可能将传感器在深度方向的距离拉开。如果能较好地解决P波初至时间读取问题,P波初至到时定位方法应该作为震源定位的首选方法。

4 结语

基于 LabVIEW 的微震实时监测系统可方便地对井下微地震现象进行远程实时监测,很好地完成了微震定位功能,而且充分发挥了虚拟仪器的作用,人机界面友好,同时数据监测的实时性和准确性都达到了理想要求,在锡铁山铅锌矿的实际应用中取得了很好效果。由于该系统主要是针对非煤矿山,没有经过防爆处理,所以不适用于煤矿矿山的微震监测,在以后的项目研究中,将对这方面的缺陷进行进一步的研究。

参考文献:

- [1] 赵兴东,石长岩,刘建坡,等.红透山铜矿微震监测系统及其应用[J].东北大学学报:自然科学版,2008(3):97-100.
- [2] JIANG Fuxing, LUO Xun, YANG Shuhua. Study on Microseismic Monitoring for Spatial Structure of Overlying Strata and Mining Pressure Field in Longwall Face[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2003,25(1):23.
- [3] DEIST F H, SALAMON M D G, GEORGIADIS E. A New Digital Method for Three Dimensional Stress Analysis in Elastic Media[J]. Rock Mechanics, 1973, 5(4):189-202.
- [4] HEDLEY D G F, UDD J E. The Canada-Ontario-Industry Pockburst Project [J]. Pure and Applied Geophysics, 1989, 129(3-4):661-672.
- [5] 李冬辉,王斌.基于虚拟仪器的微震实时监测系统[J].电子技术应用,2006(11):87-90.
- [6] 陈军.微地震监测中传感器的布置方法[J].有色金属,2003,55(6):20-21,44.
- [7] 刘君华,贾惠芹,丁晖,等.虚拟仪器图形化编程语言 LabVIEW 教程[M].西安:西安电子科技大学出版社,2001.
- [8] 孔祥茜,吴继伟,岳继光.地震信号小波变换的去噪方法[J].计算机辅助工程,2005,14(3):52-56.
- [9] 邵绍丹,潘一山.矿山微震定位方法及应用研究[J].煤矿开采,2007,12(5):1-4.