

基于震源定位技术的地下开采矿山 实时监测系统研究及应用

徐孟军¹, 蔡广银², 张增奇³, 于学峰³, 孔庆友⁴, 王宗省⁵, 潘春光¹, 王乃军¹, 杜圣贤³, 张作礼⁶

(1. 济南市国土资源局, 山东 济南 250014; 2. 北京蓝尊科技有限公司, 北京 100083; 3. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 4. 山东省国土资源厅, 山东 济南 250014; 5. 山东科技大学, 山东 青岛 266590; 6. 山东亨达煤业有限公司, 山东 宁阳 271405)

摘要:为解决对地下矿产资源开采活动有效监控的难题,笔者在科技管矿上进行了有益探索,提出了以震源定位为基础技术的地下矿山开采活动实时监测系统的设计思路,并开发出了融地质科学、岩土力学、电子信息与通信科学、数学、软件技术、工程学等多门学科于一体的非接触、感应式地下矿产资源开采活动实时监测工具,为进一步提高科技管矿水平积累了宝贵的经验。

关键词:震源定位; 地下采矿; 实时监测; 预警系统

中图分类号: P208

文献标识码: B

0 引言

随着我国国民经济的高速发展,矿产资源供需形势日趋紧张。受利益驱动,无证开采、滥采乱挖、超层越界、以采代探等现象时有发生。特别是地下矿山的开采活动范围大、埋藏深,监管难度尤为艰巨,人工巡视所起作用极其有限,只有引进先进的科学技术手段,才有可能把地下矿山的监管变为现实。基于此,2008年,山东省国土资源厅提出科技管矿的工作目标,并于当年下发了《关于在地下开采矿山推广应用“井下采掘自动监控系统”的通知》(鲁国土发[2008]142号文件),2011年山东省国土资源厅又提出了《关于开展科技管矿的指导意见》(鲁国土资字[2011]1085号文件),提出“天上看、地上查、地下控、网上管”的综合监管措施,并把对地下开采矿山的监测作为科技管矿领域的一大攻关难题与重要任务。

在科技管矿理念提出之前,对地下矿山开采活动的监测手段只是靠人工井下巡视。随着科技管矿工作的不断深入,诸如视频监控、井下人员定位等先

进技术手段逐步被应用于地下矿山监管工作中。但两种技术均属于井下接触式监测工具,不能主动、有效地对超层越界、盗采等非法开采活动进行监测,具有很大局限性,所以未能进行真正意义的推广应用。基于震源定位技术的地下开采活动实时监测系统,利用爆破震源定位的原理,实现对地下开采活动的非接触、感应式、实时监测,能有效排除监管过程中的人为干扰^[1-3]。

在分析了大量地下开采矿山的采掘行为后,山东省地质科学实验研究院和济南市国土资源局提出以“震源定位”作为技术手段的非接触、感应式监测系统设计思路,并于2010年初由北京蓝尊科技有限公司为主要技术协作单位进行探索式实验研究。

1 主要技术内容

1.1 技术原理

在矿区开采发生爆破时,会产生微弱的爆破地震波向周围传播,利用放置在矿区地面的微震传感器,可以记录这些震波的到达时间、强度、速度、频率

* 收稿日期:2012-06-25;修订日期:2012-09-18;编辑:曹丽丽

作者简介:徐孟军(1956—),男,山东济南人,主要从事国土资源矿政管理工作;E-mail:caigy@lanzun.cn。

等信息。根据对这些信息的分析与计算,可得出震源点的三维地理坐标,然后通过地理信息系统将此震源点标注在矿区三维电子地图上,可以对地下开采活动进行定位,进而通过软件系统对超层越界、非法开采等行为进行监控及预警。

1.2 技术方法

要完成对地下矿山开采活动的非接触、感应式实时监测,首先要对特定爆破环境下震波特性进行综合分析,并在此基础上建立起一套科学、有效的震波提取与空间定位算法。其次,要开发一套计算及信息处理的软、硬件平台,在此平台上完成对震波的采集、分析、计算、信息传输、显示与预警;在软、硬件条件具备后,再对现场安装环境进行测量,确定传感器安装的位置与布局,并完成整个软、硬件平台的联合调试与仿真运行,获取特定矿区震波传送的关键参数,就可建立起完全杜绝人为干扰、智能化的地下矿山开采活动实时监测与非法开采预警系统。

1.3 系统构成

基于震源定位技术的地下矿山开采活动实时监测系统由微震拾取、检测分站、定位主机 3 大硬件单元,嵌入式滤波软件与嵌入式定位软件两大嵌入式软件,地理信息系统与信息发布一个后台软件组成,包含地震波精确提取、信号同步、快速高精度定位、最优波速自动选取、坐标变换五大技术,共同完成信号的采集、传输、处理与发布(图 1)。

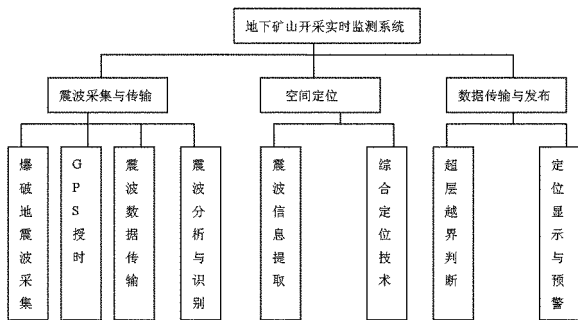


图 1 地下矿山开采实时监测系统技术架构图

1.4 核心技术与创新点

基于爆破震源定位技术的矿山地下开采活动实时监测系统的研究是一项具有前瞻性创新性探索,是涵盖了地质科学、岩土力学、电子信息与通信科学、数学、软件技术、工程学等多门学科在内的体系

性研究成果,解决了震动信号的远距离传输、滤波、震波信息提取、精确定位、高精度坐标转换的关键问题。

(1)微震信号远距离传输。现有的振动传感器,其输出信号多为电压信号,传输距离越远,电压的衰减也就越大,一般在传输线距离大于 10 m 以后就不能正确的反映振动信号。该系统所采用信号传输技术使信号传输距离达到 1 000 m 以上,信号的采集率达到 90% 以上,保证了爆破振动信号的实时可靠检测。

(2)信号滤波。采用了爆破波的非平衡干扰信号滤波技术,使淹没于干扰波中的爆破震动信号的有效提取。同时,为了保证监测系统的实时性,对原有编程进行了优化,进一步减小程序的运行时间和存储量,实测进行一次 256 字长度的小波去噪算法时,系统仅用 0.2 ms 的时间,达到了实时性的要求(图 2)。

(3)爆破震动信号到时检测。采用调制高斯信号对滤波后的信号进行波至时刻的精确提取,实现了在信噪比为 -4 dB 时仍能正确提取波至时刻的能力(图 3)。

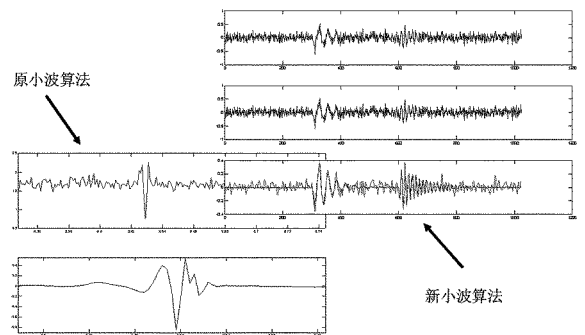


图 2 信号滤波图

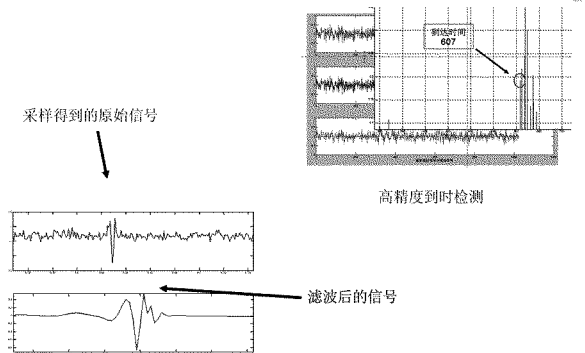


图 3 爆破震动信号检测图

(4)爆破位置定位。在底层的硬件上复杂方程

组的实时求解是一个前所未有的难题,监测系统采用了独特的算法解决了这一问题,并抑制了取值误差对定位精度的影响。通过该技术,使有效的定位精度达到 10 m 以内。

(5)多个传感器协同工作的传感器群的整体布局施工。在对矿区地质结果,环境进行综合分析的基础上,对整个矿区通盘规划,采用先进算法对传感器进行布设,建立传感器群,对同一个爆破的振动信号进行优选,实现高信噪比,从而提高定位的精确度。

2 研究及试验效果

结合济南市地下矿山的实际情况,选取了地面环境不同的章丘鑫岳集团 1 号矿、济南钢城矿业有限公司张马屯铁矿、新阳能源有限公司济阳煤矿等有代表性的地下矿山企业作为实验、应用试点,并以矿区干扰最为严重的鑫岳 1 号矿作为重要实验数据分析点。在矿山地下开采活动实时监测系统软、硬件平台上做了 8 个多月的实验,1 年多的实用。实验应用过程中对传感器进行了 4 个型号的 5 次远距离传输电路及滤波电路的实验与改进,3 次定位程序设计方案的修改,3 次小波去噪方法的改进,增加了最新技术的波到时时刻提取程序,增加了最优波速自动选取程序,对系统进行了 20 多次模拟实验,实际记录分析实际爆破波形达上百组次。至 2011 年 7 月,实验系统完成常规不间断上线运行,并在济南市国土资源局矿产资源管理处安装的监测客户端。2011 年 8 月—9 月对章丘鑫岳 1 号矿进行了 1 个多月的持续定点监测,并对监测结果进行了对比分析。在传感器放置于工业广场地面(实际施工时应放置于 10~60 m 的浅井内,以达到降低干扰、提高信号采集率的目的)并且地面干扰异常复杂的情况下,有效爆破量不小于 9 kg 的爆破共 35 次,信号采集 19 次,信号采集率 $19/35 \approx 54\%$,在去除 2 次不合理的数据情况下的水平平均定位精度为 9.43 m,垂直平均定位精度为 3.96 m。

通过震源监测系统的研究及实际应用,在信号采集与传输、爆破振动波滤波与到时提取、定位方程的精确求解、高精度的坐标转换等方面取得了理想的效果。用实际数据证明了采用基于震源定位技术的非接触、感应式监测手段对地下矿山开采活动进

行实时监测的可行性。

3 应用前景

随着实验的深入开展及应用范围的不断扩大,项目积累了充足的、针对不同应用环境的实验数据以及解决不同技术难题的办法;研发并产品化了高性能硬件平台,优化了滤波及定位算法,系统整体性能不断提升,数据采集率高达 90%,定位精度达到了 10 m 以内。系统所采用的非接触、感应式、实时监测手段,是科技管矿领域的一大创新,填补了国内非接触、感应式实时监测领域的空白,具有广阔的应用前景。

(1)监测系统的应用,实现了对矿山开采活动实时监测并连续记录了采掘路径,将有效避免采矿活动中超层、越界、盗采等非法行为,为国土资源部门执法检查提供了重要依据。

(2)监测系统为矿山企业提供了非人为、实时、准确、可靠的位置信息,结合地下矿山三维地理信息系统,可有效避免采空、透水等危险事件的发生,为矿山企业安全生产提供技术保障。

(3)监测系统的应用,将为矿山矿产资源储量动态监管提供较为可靠的实时数据。

4 结语

震波定位监测系统是一个全新的课题,研究工作也是一个不断探索与完善的过程,随着该项目工作的不断深入及应用范围的不断扩大,地下采矿监测系统将会更加完善。笔者等将本着实事求是的科学精神与永不间断的创新意识努力进取,争取在定位精度及可靠性上有更大的提升,为科技管矿工作做出贡献。

参考文献:

- [1] 杨年华,林世雄. 爆破振动测试技术探讨[J]. 爆破, 2000, 9(17): 90-92.
- [2] 张义平,吴桂义. 爆破地震波特性研究[J]. 矿业研究与开发, 2007, 27(6): 68-72.
- [3] 赵龙,李本喜,王皓,潘一山. GPS精密授时系统在煤矿微震监测定位中的应用[J]. 黑龙江大学自然科学学报, 2005, (6): 123-125.

Study and Application of Real – time Monitoring System in Exploring Underground Mines Based on Hypocenter Technology

XU Mengjun¹, CAI Guangyin², ZHANG Zengqi³, YU Xuefeng³, KONG Qingyou⁴, WANG Zongsheng⁵, PAN Chunguang¹, WANG Najun¹, DU Shengxian³, ZHANG Zuoli⁶

(1. Jinan Bureau of Land and Resources, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Department of Land and Resources, Shandong Jinan 250014, China; 3. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 4. Beijing Lanzun Technology Limited Corporation, Beijing 100083, China; 5. Shandong University of Science and Technology, Shandong Qingdao 266590, China; 6. Shandong Hengda Coal Limited Corporation, Shandong Ningyang 271405, China)

Abstract: In order to solve the problem of effective monitoring of underground mineral resource extraction activities, useful study has been carried in managing mineralogy scientifically, ideas for real – time monitoring system in underground mining activities based on hypocenter technology have been put forward, and a real – time monitoring tool has been explored which combines geological science, rock mechanics, electronics and information and communication science, mathematics, software, technology, engineering and many other subjects together. It is non – contact inductive system in monitoring underground mineral resources exploitation activities. It will provide some valuable experiences for improving the level of managing mines scientifically.

Key words: Hypocenter location; underground mining; real – time monitoring, early warning system