

## 微震信号现场监测试验及特征研究

魏利娜<sup>1,2</sup>,薛世鹏<sup>3</sup>,周春艳<sup>4</sup>,丁慧哲<sup>1</sup>,李静<sup>1</sup>

(1. 河北工程大学 资源学院,河北 邯郸 056038;2. 河北省煤炭矿井建设工程技术研究中心,河北 邯郸 056038;  
3. 煤科集团沈阳研究院有限公司,辽宁 沈阳 110016;4. 红河学院 商学院,云南 红河州蒙自市 661199)

**摘要:**为研究煤岩破裂微震信号的特征,利用微震监测系统对井下煤岩进行微震信号的监测试验,分析了煤岩破裂微震信号的变化规律。试验结果表明:微震信号的变化趋势与煤岩发生破裂的强弱基本呈正相关。微震信号强度强,煤岩发生破裂伴随着较大能量,之后随着时间的增长,能量逐渐减小,微震信号也明显减弱,直到最后传感器监测不到信号。

**关键词:**微震信号;试验;煤岩破裂

中图分类号:X936

文献标识码:A

### Experiment Study on Micro - seismic Signal of Field Monitoring

WEI Li - na<sup>1,2</sup>, XUE Shi - peng<sup>3</sup>, ZHOU Chun - yan<sup>4</sup>, DING Hui - zhe<sup>1</sup>, LI Jing<sup>1</sup>

(1. College of Natural Resource, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China; 2. Hebei Technology Research Center of Coal Mine Construction Engineering, Hebei Handan 056038, China; 3. CCTEG Shenyang Research Institute, Liaoning Shenyang 110016, China; 4. The Business College of Honghe University, Yunnan Mengzi City Honghe Prefecture 661199, China)

**Abstract:** In order to study micro - seismic signal characteristics of coal rock burst. Monitoring test of coal mine micro - seismic signals was detected by using micro - seismic monitoring system, and analysis of the micro - seismic signal the regularity of coal rock burst were carried out. The test results show that the change trend micro - seismic signals correspond excellently with the strength of coal rock burst, the basic was positively correlated. Micro - seismic signal intensity, coal and rock rupture accompanied by greater energy gradually decreased with the time increasing, micro - seismic signal also decreased significantly, finally the rear sensor not detected signal.

**Key words:** micro - seismic signal; experiment; coal rock burst

煤岩的断裂破坏、冲击地压等煤岩灾害,极大影响了煤矿安全生产。在发生煤岩断裂时,均伴有微震事件的发生<sup>[1-3]</sup>。20世纪30年代末,微震现象由美国的L.阿伯特及W. L.杜瓦尔发现<sup>[4]</sup>。20世纪90年代以来,微震监测技术是在计算机技术和数据采集技术发展的基础上得以发展的<sup>[5]</sup>。20年前微震监测在煤矿灾害监测方面已开始大范围的使用<sup>[6]</sup>。

微震监测技术原理是利用在煤岩体破裂过程中产生的声、能原理,同时还依据地震监测、声发射监测技术的原理。国内外对煤岩中微震信号现场的测试还处于初步的研究阶段。

### 1 矿井概况

跃进煤矿位于义马市南2 km,地理坐标为东经111°50'37"~111°56'15",北纬34°39'0"~34°43'13"。试验地点选择在跃进煤矿25110工作面。该工作面自西向东预计依次揭露F2504、2509等断层。预计从工作面整体看,该面两头构造简单,中间构造复杂。而所在区域内地层为一宽缓的单斜,构造以断裂为主、褶曲次之地质结构复杂,加之顶底板存在厚硬岩层,因此煤岩动力现象发生较频繁。

为了更好地监测冲击地压等煤岩动力灾害的发生,跃进矿安装布置了微震监测系统,并对监测区

域的现场环境及监测试验系统进行分析,研究了微震信号的变化规律。从而,为煤岩动力灾害的研究提供基础资料。

## 2 微震监测试验方法及试验步骤

### 2.1 试验方法

由于在井下测试时,通常为了采集井下微震的典型信号,每次测试时都选择连续的实时监测,详细记录测试过程中的各种工序及干扰因素,主要包括监测环境中煤岩的性状及煤炮、机械设备的开停状况及各种人为干扰等影响因素。在测试过程中,关键问题是尽量采集到煤矿井下产生的各种典型的微震信号,并且对信号进行实时连续采集。本次试验的传感器选择 MS-1 型微震传感器,用特制固定夹具把传感器固定在锚杆或锚索上,保证现场试验的进行。

### 2.2 试验步骤

本次试验是为在井下环境中,设置微震监测仪的门限值 and 采频等各项参数。试验主要步骤如下:

(1) 先把微震传感器固定好,并与监测主机连接好;

(2) 打开监测仪器,设置好各项监测参数(门限值、报警值等),然后对监测仪器预热一分钟;

(3) 按开始键后,可以进行测试,测试到微震信号强度及脉冲数,记录微震信号波形;

(4) 测试过程中,记录各种微震信号产生时间及类型;

(5) 测试完成并结束后,按任意键停止测试;

(6) 每天监测完升井后,及时处理监测数据、打印曲线,并依据预报指标进行冲击危险性预报。

## 3 煤岩破裂微震信号特征

### 3.1 煤岩破裂微震信号变化规律

在煤岩微震现场监测试验中,不同时间内监测的微震信号的实验结果有很大不同,同时由于煤岩破裂微震信号的产生与煤岩体内部裂纹的产生、扩展以及断裂过程都存在密切的联系<sup>[7-8]</sup>。本测试是2012年8~10月在义马跃进煤矿25110工作面开展的,微震采集仪采集到的微震信号强度实验结果见图1、图2、图3。

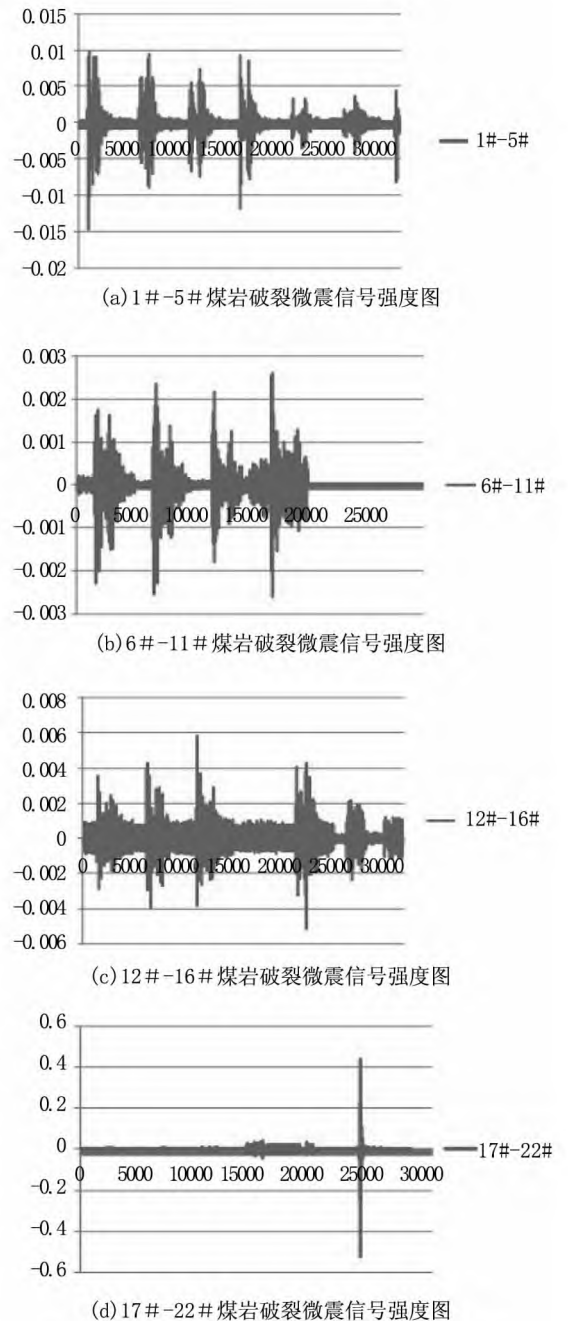


图1 2012年8月煤岩体变形破裂微震试验结果  
Fig.1 Microseismic test result of coal-rock mass during deformation and fractures, in August 2012

从图1发现,微震信号强度继续增加,在出现波峰时,煤岩发生一次破裂,微震信号分布趋势并没有发生大规模改变,波峰值升高。之后,强度有所下降,然后继续上升,逐渐逼近临界值,震幅值继续升高,达到最大值;在破裂发生后,随着时间的增加,监测到的微震信号强度急剧下降,整个波形分布趋势没有太大变化,如图1(a)、2(b)、2(c)、1(d)所示。

在同样的监测条件下,2012年9月煤岩微震信号强度比8月份有了很大的不同,从图1、图2微震发生的位置及信号强度上来看,9#-16#监测到的微震信号变化较大,17#-25#监测到的微震信号变化趋势相似。

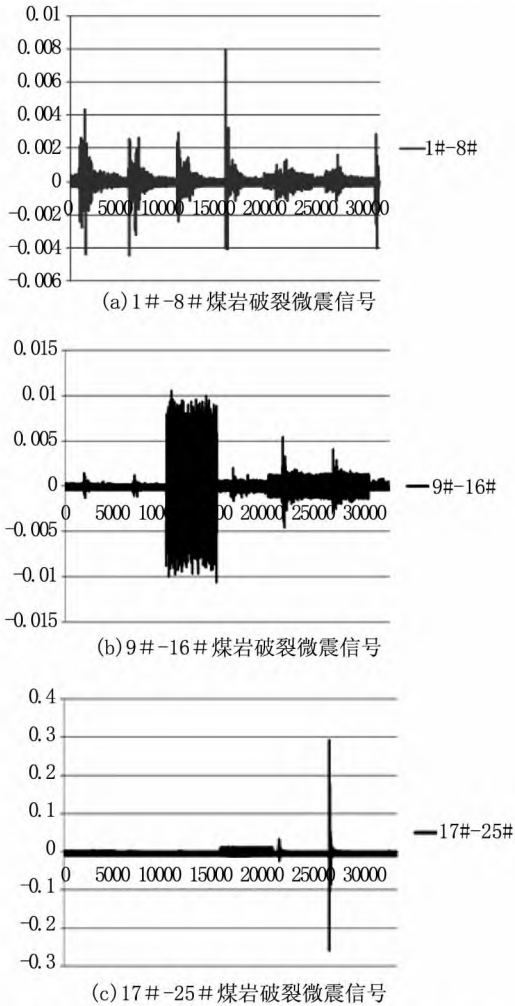


图2 2012年9月煤岩体变形破裂微震试验结果  
Fig.2 Microseismic test result of coal-rock mass during deformation and fractures in September 2012

通过对比图2(a)、图2(b)微震传感器实际所测得到的微震信号,从中可以看出二者之间也有一定差异。首先,两个微震传感器实际测得到的微震信号强度变化趋势有所不同,这主要是因为二者在工作面上的布置位置不同;再则由于煤岩石材料的各向异性,在相同的监测条件下,煤岩层内部不同位置处的变形破裂过程是不同的,同时,微裂纹的出现位置也是随机的。通常,当破裂发生位置与传感器放置的位置距离较远时,微震传感器所测得的信号强度相比位置较近处的微震传感器测得的信号强度就会弱,而当微震传感器恰好布置在有裂纹的位置时,微震传感器测得到

信号最丰富。而图2(c)与前面两个信号变化趋势差异性更大。微震传感器测得到的信号基本上处于很弱,在25000处骤然增强,随即又变弱,这和8月份测得到的信号变化趋势相似。

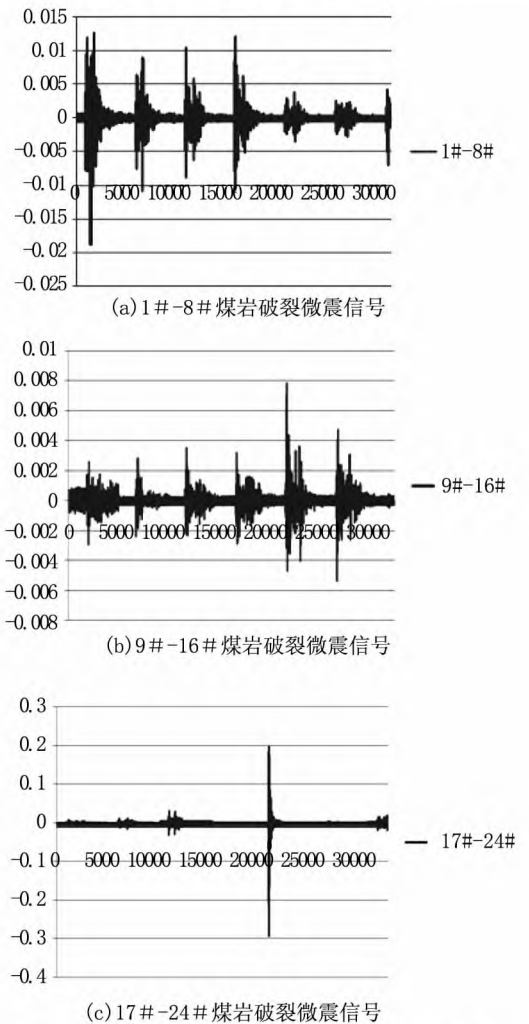


图3 2012年10月煤岩体变形破裂微震试验结果  
Fig.3 Microseismic test result of coal-rock mass during deformation and fractures, in October 2012

通过对比,2012年10月份监测到的微震信号强度的变化趋势和8月份监测到的微震信号强度相似,但和9月份差别较大,主要在9#~16#信号变化差异较大。由于微震传感器放置的位置是不变的,实际所测得到的微震信号,从中总体上呈现相同的变化趋势,但是二者之间也有一定差异。

### 3.2 煤岩破裂微震信号试验结果分析

从上面连续三个月的实验结果及三个月微震事件发生的位置及能量变化(见图4、图5所示)中可以看出,微震事件发生的位置比较集中,多在距离工作面的区域内,较大能量的微震事件集中8

月份发生的微震事件中;同时由图1、图2、图3可以得出,在同样的监测条件下,煤岩层破裂过程中产生的微震信号是呈现间歇式、阵发性的特征,而不是连续均匀的。这是由于煤岩石内部富含微裂隙,而且原始缺陷是不均匀的。在发生破裂时,裂纹端部的应力不断变化集中,裂纹交替进行张开、闭合,使煤岩层的裂纹扩展呈现出一种间歇式、不均匀的特点。另一方面,煤岩内部弹性能的释放是微震信号产生的基础,而且能量的集聚是能量的释放的前提,这也说明了煤岩在发生破裂时,内部的能量是一个不断集聚和释放的过程。

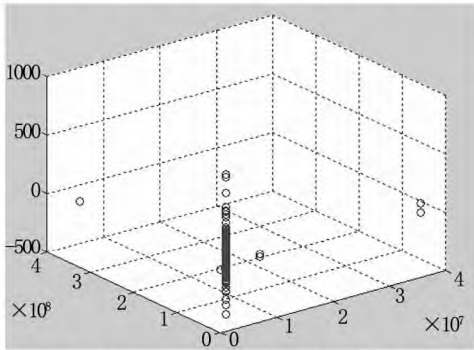


图4 三维微震事件的定位结果

Fig.4 Location result of three-dimensional microseismic event

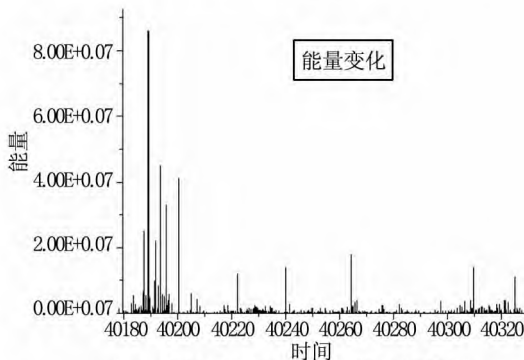


图5 连续微震事件能量变化趋势图

Fig.5 Trend graph of energy change of continuous microseismic event

另外,对比图1、图2及图2发现,微震信号强度总体上具有同样的变化趋势,但也有一些差异;煤岩动力灾害发生的位置比较接近。在监测的结果中,微震信号类型主要有三种:中高压突增型、高压突增型和低高压突增型。

综上所述,微震信号强度的变化规律可以反映煤岩的破裂过程。根据微震定位原理,通过对不同煤岩层微震信号的监测,可以对煤岩层的应力变化规律进行分析,进而更好的防止煤岩动力灾害的发生。

## 4 结论

(1)煤岩能量的释放是微震信号产生的基础,而且能量的集聚是能量的释放的前提,这也说明了煤岩在发生破裂时,内部的能量是一个不断集聚和释放的过程。

(2)煤岩在发生微破裂之后,随着破裂程度的加大,微震信号也随之增强。在破裂的初始阶段,微震信号很弱,传感器几乎测试不到任何的微震信号;在破裂程度达到最大主破裂时,微震信号逐渐增加,大多为突发性,此时微震信号最为丰富。而且当煤岩发生较大破裂之后,微震信号逐渐减少,总体上处于一个相对平静期。但是,随着时间的增长,能量逐渐减小,微震信号也明显减弱,到最后传感器监测不到信号。

(3)通过对连续三个月微震事件进行定位,可以发现,微震事件发生的位置比较集中,而且较大能量的微震事件发生在八月这表明八月煤岩破裂能量较大,煤岩动力灾害较严重。

## 参考文献:

- [1] 吴永胜,余贤斌. 单轴压缩条件下岩石声发射特性的实验研究[J]. 金属矿山,2008(10):25-28.
- [2] 许晓阳,王恩元,许福乐,等. 煤岩单轴压缩条件下微震频谱特征研究[J]. 应用声学,2010,2(29):148-153.
- [3] 米利华,许凤娟,侯立国. 临汝煤田构造控煤作用[J]. 中国煤田地质,2001,13(4):4-6.
- [4] DYER B C, JONES R H, COWLES J F. Microseismic survey of a North Sea reservoir[J]. World oil,1999,74(5):74-78.
- [5] PHILLIPS W S, HOUSE L S. Micro-seismic mapping of a Cotton Valley Hydraulic Fracture using decimated down-hole arrays [C]// International Exposition and Sixty-Eighth Annual Meeting, 1998, 56(9):13-18.
- [6] WOLHART S L, ODEGARD C E, WILLIAMS P, et al. Microseismic Fracture Mapping Optimizes Development of Low-Permeability Sands of the Williams Fork Formation in the Piceance Basin [C]// SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 2006, 62(10):9-12.
- [7] 高明仕, 窦林名, 张 农, 等. 岩土介质中冲击震动波传播规律的微震试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26(7):1365-1371.
- [8] 成云海. 微震定位监测在采场冲击地压防治中的应用 [D]. 青岛: 山东科技大学, 2006.