

# 微震监测技术在煤矿突水监测中的应用

白 越, 王经明

(华北科技学院 土木系, 北京 101601)

**摘 要:** 为了解决每层地板破裂产生微震, 而监测震源是确定突水部位这一关键问题, 采用微震监测技术在峰峰矿区梧桐庄煤矿进行了底板突水预测试验研究, 发现微震规律符合煤层底板“递进导升”的突水机理。根据监测结果, 反求力学参数, 模拟开采, 就可以预测下一步可能破裂或微震的发生部位, 进而实现突水的预测预报。该技术对煤矿安全高效生产有重要的意义和良好的应用前景。

**关键词:** 微震监测; 煤层; 突水预测

**中图分类号:** TD 74

**文献标识码:** A

## Application of monitoring techniques of micro-seismic to water inrush forecast in coal mines

BAI Yue, WANG Jingmin

(Department of Civil Engineering, North China Institute of Science and Technology, Beijing 101601, China)

**Abstract:** Water inrush from coal seam floor normally occurs when limestone water with high pressure under the coal seam erupts out after the aquifer strata is damaged by mining activities. This means that micro-seismic activities will be taken place when the cracking at coal seam floor strata occurs. Therefore, monitoring the micro-seismic activities and positioning focal areas become an effective method to predict the possible inrush areas. The authors applied the technique in weekly seismic monitoring to forecast water inrush from coal seam floor in Wutongzhuang coal mine of Fengfeng coal field and found that these micro-seismic activities are complied with the inrush mechanism of “pressured water progressively intruding up into the floor aquifer”. The monitoring results show that the fracturing or micro-seismic areas and water inrush can be forecasted by calculating mechanics parameters inversely and simulating mining activities. The technique is of significance to mine safety and efficient production in mining. There is no doubt that the technique has a great potential in industrial applications.

**Key words:** micro-seismic monitoring; coal seam; water inrush forecast

### 0 引 言

煤层底板突水是华北型煤矿的主要灾害形式之一, 据统计<sup>[1]</sup>, 自 1955 年以来, 华北型煤矿煤层底板与陷落柱突水 1 282 次, 淹井约 220 起, 经济损失超过 300 亿元。峰峰矿区是我国典型的大水矿区之一, 煤层底板突水数百次, 淹井或工作面 6 次, 梧桐庄煤矿是该矿区的大水矿井。该矿井水文地质条件复杂, 建井以来共发生底板或陷落柱突水 6 次, 死亡 17 人, 淹井和工作面各 1 次。因此开展水害防治方法的研究具有很大的实际意义, 梧桐庄煤矿

的水文地质在华北地区具有一定的典型性, 因此本矿井的防治水技术在全国也具有一定的推广价值。

### 1 梧桐庄煤矿的水文地质条件

梧桐庄煤矿主采的二煤赋存于下二叠系山西组底部, 距离下伏野青灰岩 35~53 m, 距离奥陶系灰岩强含水层约 140 m。峰峰矿区的其他煤矿在回采该煤层时都没有发生过水害, 因此认为该矿的水文地质条件是简单的。然而在建井期间, 主副井贯通施工中发生了断层突水, 造成了 17 人死亡; 3 个最早回采的工作面都发生了底板突水灾害, 造成了

收稿日期: 2009-03-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40772152)

作者简介: 白 越 (1956-), 男, 辽宁 义县人, 副教授。主要从事矿建工程与土木工程设计与施工方面的研究。本文编校: 于永江

停产;北翼总回风巷在接近导水陷落柱时发生了 $130\text{ m}^3/\text{h}$ 的突水事故。在以后的生产补充勘探中查处了24个陷落柱,其中已揭露的3个中有两个是导水的。因此底板水和陷落柱水对安全高效生产构成了严重威胁,并成为制约生产发展的主要因素之一。为了预测预报水害,确保安全生产,我们在梧桐庄煤矿182106工作面应用微震监测技术进行了底板和陷落柱突水预测预报试验研究。

182106工作面埋深505~707 m,上下巷标高-506~-327 m,倾斜长65~165 m,采高3.4 m;其东西两侧的182105、182301工作面均未采掘。工作面机巷在掘进期间揭露了直径约30 m的 $X_3$ 陷落柱;在工作面的内部发育了2条落差小于2 m的小断层,工作面的上方发育 $F_2$ 断层,最大落差 $H=24.0\text{ m}$ ,在工作面内部落差渐缩小直至尖灭,如图1。本次工作的重点是监测陷落柱和 $F_2$ 断层尖灭端的活动情况。

## 2 系统标定与监测方法

为了确保监测网参数的合理性,通过试验得到了弹性波在介质中的传播速率、平均传播速率、能量衰减规律等参数;检波器安装后,又用标定炮进行了当时的一致性检验,找出了各检波器的补偿误差。

182106面标定炮的位置选在测区内的顶板里,爆破参数见表1。由于定位过程中要使用P波(纵波)的初始到时,在此只对P波的速度结构进行研究。

工作面共布置5个底板监测钻孔,2个校正放炮钻孔。钻孔编号分别为1至5,炮孔编号分别为炮1、炮2。每个钻孔安装一个三分量检波器,共有5个三分量检波器,编号S1~S5,其中4#和5#检波器靠近断层,以监测断层的活动。由于4、5#钻孔之间和上巷1、3#钻孔之间是电法测得的异常区,在这一区域增设了8个单分量检波器,编号为D1~D8。在陷落柱的边缘也安设了2个单分量检波器,编号为D9~D10,以监测底板在采动国产中的破坏。检波器的布置见图1,钻孔的参数见表2。

表1 标定炮爆破参数

Tab.1 parameters of Calibrating Blast

爆破方式	药量/kg	炸药类型	药卷长/m	炮点到孔口距离/m	炮点到煤层顶板的垂距/m	炮孔倾角/(°)
一次起爆	16.6	乳化炸药	6	32	27.7	60

表2 钻孔及检波器布置参数

Tab.2 parameters of borehole and sensors

钻孔编号	检波器编号	检波器类型	距切眼距离/m	与水平面夹角/(°)	钻孔深度/m	备注
钻孔1	S1	三分量	162.56	-45	15	底板孔
钻孔2	S2	三分量	285.67	-30	25	底板孔
钻孔3	S3	三分量	400.08	-30	25	底板孔
钻孔4	S4	三分量	312.37	-45	15	底板孔
钻孔5	S5	三分量	186.67	-45	15	底板孔
钻孔6	D1	单分量	217.46	-45	3.0	煤层孔
钻孔7	D2	单分量	286.23	-45	2.6	同上
钻孔8	D3	单分量	334.93	-45	2.0	同上
钻孔9	D4	单分量	401.16	-45	2.0	同上
钻孔10	D5	单分量	190.18	-45	2.6	同上
钻孔11	D6	单分量	255.7	-45	2.6	同上
钻孔12	D7	单分量	321.94	-45	2.6	同上
钻孔13	D8	单分量	372.29	-45	2.0	同上
钻孔14	D9	单分量	528.29	-45	2.6	同上
钻孔15	D10	单分量	568.26	-45	2.6	同上

## 3 监测结果与验证

### 3.1 监测结果

根据频繁程度和强度,微震的发生可以分为3个阶段。能量积蓄期、微震频发期和余震期。

能量积蓄期 这一阶段从切眼到115 m的范围内。

微震频发期 2006年12月25日~2006年12月28日,工作面推进距离为115~128 m,8次能量较大的微震有5次发生在这一阶段。

余震期 1月8日以后,这一阶段能量较大的微震仅有3次,主要发生在工作面下半区。

工作面底板微震在平面和剖面上分布如图1和图2。

### 3.2 结果分析

从图 1 和图 2 可知, 182106 工作面底板微震主要发生在工作面下半部的 4#、5# 监测孔之间。

开采中的微震带来了不良的水文地质效应。在检波器接受到微震的同时, 煤层底板发生了巨响,

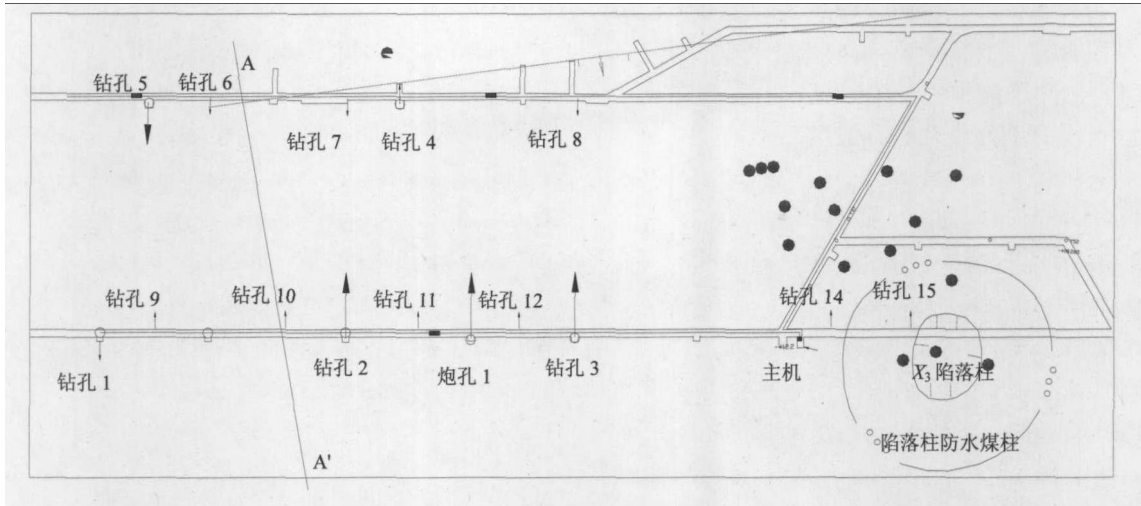


图 1 182106 工作面底板微震监测工程布置和微震平面分布

Fig. 1 chart of the sensors layout and micro-seismic plane distribution in coal floor strata

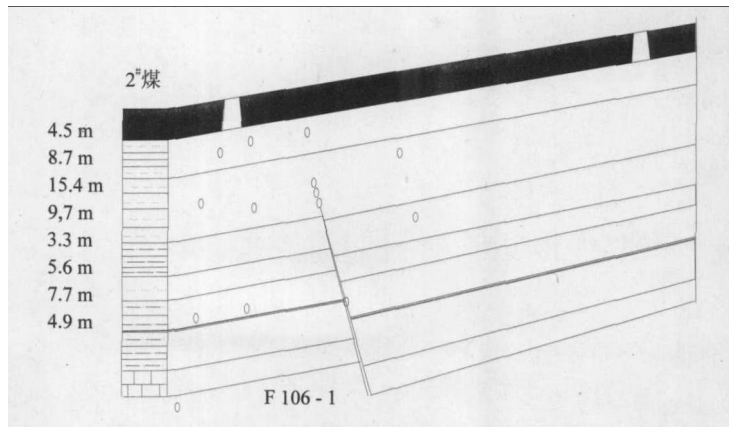


图 2 182106 工作面底板微震在 A—A' 剖面上投影

Fig.2 projection of section A-A' for micro-seismic on floor of work face 182106

并出现裂缝, 进而发生  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  的突水, 水质为下伏奥陶系灰岩水, 这和上世纪 80 年代峰峰矿区二矿某工作面伴随巨响的底板断裂突水事件极为相似。这说明微震监测可以作为煤层底板预测有效方法使用。

可以认为  $F_{106-1}$  断层的尖灭端实际上是隐伏于煤层以下的断层, 即断层的落差下大上小延伸至奥陶系灰岩内, 如图 2。两次微震反应了断层的向上扩展, 符合递进导升的突水机理<sup>[8]</sup>。

### 3.3 工程验证

在开采以前, 为了了解断层  $F_{106-1}$  的导水性,

在底板内施工了 2 个穿过断层的钻孔, 都没有涌水, 证明自然条件下断层是不导水的。在回采过程中断层突水以后, 对其中的一个钻孔进行了透孔, 穿过断层时钻孔涌水约  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 。这说明在采矿过程中, 断层发生了“活化”, 其导水性也发生了变化。

## 4 结 论

通过对水文地质条件复杂的梧桐庄矿 182106 工作面底板微震的全程监测, 得到如下结论:

(1) 在开采过程中, 工作面底板发生了 25 次微震, 其中 8 次微震能量较大。微震主要发生在工作面下方的底板薄弱区。

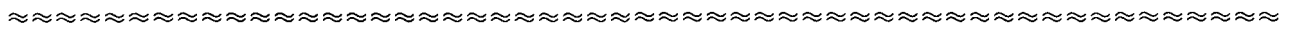
(2) 在开采过程中,工作面底板断层尖灭端发生了 3 次较大的微震,微震的发生间隔和顶板的周期来压一致。根据微震发生点计算,断层扩展了 12m。断层的活动造成底板突水,其突水过程符合递进导升的突水机理。微震具有显著的超前性,可作为突水预警的重要依据。

(3) 在回采过程中,陷落柱没有发生微震,其导水性也没有明显变化。

**参考文献:**

[1] 王经明.承压水沿煤层底板递进导升的突水机理及其应用[D]. 西安: 西安煤炭科学研究院,2004.  
 [2] 王经明.煤层底板突水自动化监测技术及其应用[J].煤矿设计, 1998(10):32-34.  
 [3] 王作宇,刘鸿泉.承压水上采煤[M].北京: 煤炭工业出版社,1992.  
 [4] 陈 枫, 孙宗顺, 徐纪成. 岩石压剪断裂过程中的超声波波谱特性研究[J]. 工程地质学报, 2000,8(2):164 -168.

[5] 杨天鸿、唐春安、谭志宏, 岩体破坏突水模型研究现状及突水预测预报研究发展趋势[J].岩石力学与工程学报, 2007,2 (2) :268-277.  
 [6] 姜福兴,冲击地压及煤与瓦斯突出和透水的微震监测技术[J].煤炭科学技术, 2007:35(1);:26-28.  
 [7] 崔三元,煤矿水害多源信息预测方法研究[J].物探与化探, 2005,29(6),557-560.  
 [8] Wang Jingming, Ge Jiade, Deng Xiqing, Wu Yuhua, "Mechanism On Progressive Intrusion of Pressure Water up into Protective Aquclude And Its Application to Prediction of Water Inrush In coal Mine[J]. Journal of Coal Science & Engineering, 1996,,2(2): 9-16.  
 [9] 琚宜文,刘宏伟,王桂梁,等. 卸压套壁法加固井壁的力学机理与工程应用[J].岩石力学与工程学报, 2003(5):273-277.  
 [10] 宫凤强,李夕兵.矿区立井井筒非采动破裂的距离判别分析预测法[J]. 煤炭学报 ,2007,32(7):700-704.



※※※※※※※※  
 ※ 待发表文章 ※  
 ※ 摘要预报 ※  
 ※※※※※※※※

## 相似模拟实验材料的流固耦合参数测试

张 杰<sup>1, 2</sup>

(1. 西安科技大学 能源学院 陕西 西安 710054

2. 教育部西部矿井开采及灾害防治重点实验室 陕西 西安 710054)

**摘要:** 根据连续介质的流固耦合数学模型, 推导了岩体介质的弹性力学相似条件和水的流体力学相似条件, 确定了流固耦合相似模拟的准则。研制的以石蜡为胶凝剂的流固相似模拟实验材料, 其耦合参数与原型相似, 性质满足流固耦合相似模拟实验要求。通过神府矿区某矿 1<sup>2</sup> 煤层开采的流固耦合相似模拟实验表明, 模拟所得出的采煤工作面上覆岩层的运动破坏及裂隙演化规律与现场一致, 潜水渗流规律和其它参数也与原型相似, 进一步证明了实验材料的选取正确和耦合参数的确定合理。