

文章编号: 1671-251X(2010)07-0039-03

# 巷道掘进过程中煤炮现象发生范围及机理研究

王军辉<sup>1</sup>, 李宝富<sup>2</sup>, 张涛<sup>1</sup>

(1. 义马煤业集团常村煤矿, 河南 义马 472300; 2. 河南理工大学能源学院, 河南 焦作 454000)

**摘要:**为了说明煤炮现象的发生范围和发生机理,采用RFPA<sup>2D</sup>数值计算软件对某煤矿巷道掘进过程中围岩的变形破坏过程和声发射现象进行了数值模拟研究。研究结果表明,矿井工作面回采巷道发生的煤炮现象是在巷道两帮15 m及顶板约10 m范围内在巷道变形破坏过程中积聚的大量弹性能量释放的过程,是一种能级相对较小的动力现象,不是冲击地压发生的前兆信息。

**关键词:**矿井; 工作面; 巷道掘进; 煤炮; 冲击地压; 声发射; 数值模拟; RFPA<sup>2D</sup>

**中图分类号:**TD315      **文献标识码:**A

Research of Action Range and Mechanism of Coal gun Phenomenon in Drifting Process

WANG Jurrhui<sup>1</sup>, LI Baofu<sup>2</sup>, ZHANG Tao<sup>1</sup>

(1. Changcun Coal Mine of Yima Coal Group, Yima 472300, China.

2. School of Energy Science and Engineering of Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

**Abstract:** In order to explain action range and mechanism of coal gun phenomenon, numerical

收稿日期: 2010-03-19

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划项目  
(2009B440009), 河南理工大学青年基金资助项目(Q2009-10)

作者简介: 王军辉(1978-), 男, 河南辉县人, 助理工程师, 现  
主要从事采矿工程技术与管理工作。E-mail: 5894010@163.com

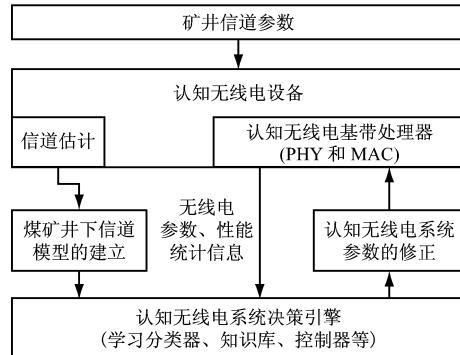


图3 煤矿井下认知无线电的工作流程

研究课题,对于它的研究刚刚开始<sup>[6]</sup>。根据认知无线电理论,笔者设计了认知无线电决策引擎性能仿真平台,下一步的研究重点是对不同类型巷道中的无线电波传输进行仿真,从而建立更适合矿井巷道的、具有一般性的无线电波传输模型。另外,认知无线电节点在调整收发机参数、改变工作频段时会带来时延,而处于同频段的多个认知无线电节点会通过退避策略竞争频谱资源而带来退避时延,这些延

时对通信网络性能的影响也是下一步的研究内容。

## 参考文献:

- [1] MITOLA J, MAGUIRE G Q. Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal[J]. IEEE in Personal Communications, 1999, 6(4): 13-18.
- [2] HAYKIN S. Cognitive Radio: Brain Empowered Wireless Communications [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2005, 23(2): 201-220.
- [3] 曹育红. 矿井无线通信系统的频率选择[J]. 工矿自动化, 2004(4): 38-40.
- [4] 张守祥, 王汝林, 刘芳. 基于OFDM的巷道和工作面无线移动通信研究[J]. 煤矿安全, 2006(3): 13-16.
- [5] 赵雅丽. 基于软件无线电技术的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2006.
- [6] 陈桂真, 丁恩杰, 张申, 等. 浅析认知无线电在矿井通信中的应用[J]. 工矿自动化, 2009(6): 12-14.

simulation research was made for deforming and destroyed process and acoustic emission phenomenon of surrounding rock in drifting process of a coal mine by use of RFPA<sup>2D</sup> numerical calculation software. The simulation result showed that coal gun phenomenon takes place in range of 15 m away from two sides of tunnel and 10 m away from roof in extraction tunnels of mine working face, and the phenomenon is a releasing process of huge amounts of elastic energy accumulated in process of deformation and destruction of tunnel, and it is only a dynamical phenomenon with relatively small energy, not portent information of rock burst.

**Key words:** mine, working face, drifting, coal gun, rock burst, acoustic emission, numerical simulation, RFPA<sup>2D</sup>

## 0 引言

冲击地压是在外部因素(诸如采掘活动、爆破、顶板来压等)的诱发下,积聚在煤矿巷道和采场周围煤岩体中的能量突然释放,产生的动力将煤岩抛向巷道,以突然、急剧、猛烈的方式释放弹性能的一种特殊矿压显现方式,易造成冲击地压事故<sup>[1]</sup>。煤炮现象是煤层中发生的剧烈响声,一般被认为是冲击地压发生的前兆信息,是煤体中积聚的能量瞬间释放时所产生的动力现象。实际上煤炮现象本身也可以说是一种能量释放较小的动力现象。

某矿 21080 工作面回采巷道在掘进过程中经常发生煤炮现象,煤炮发生时声响较大,并伴随产生轻微的震动现象,对矿工的心理产生一定的负面影响。为了能够对煤炮现象的发生范围和发生机理进行说明,笔者对巷道掘进过程中围岩的变形破坏过程和声发射现象进行了数值模拟研究。

## 1 数值模拟目的及模拟软件

### 1.1 数值模拟目的

煤岩体在外界应力作用下,其内部将产生局部弹性能集中的现象。当能量积聚到某一临界值之后,会引起微裂隙的产生与扩展。微裂隙的产生与扩展伴随有弹性能的释放,并在周围煤岩体内快速传播,这种以弹性波的形式释放出的应变能称为声发射(AE)<sup>[2~3]</sup>。声发射现象中弹性波的振幅和频率取决于煤岩体的强度、应力状态、破裂尺寸和变形速度等。因此,每一个声发射信号都包含有岩体内部状态变化的丰富信息。而冲击地压等动力灾害的孕育过程实际上就是煤岩体结构内部裂隙产生与扩展的过程;发生冲击则是裂隙的失稳扩展与断裂的过程<sup>[4~5]</sup>。RFPA<sup>2D</sup>数值计算软件能够真实地再现煤岩体微裂隙的产生与扩展过程中声发射信号释放的全过程,能够较好地解释煤炮等冲击地压现象的

发生过程和发生机理。

### 1.2 RFPA<sup>2D</sup>数值计算软件

RFPA<sup>2D</sup>是唐春安教授等研究开发的能够模拟岩石破坏过程的数值计算软件。它是一个基于有限元分析原理而开发的二维数值分析软件,但又不同于传统的有限元基本思路,是一个能模拟岩石裂纹萌生、扩展直至断裂全过程的数值分析软件,基于连续介质力学和损伤介质力学原理,具有应力分析和破坏分析两方面的功能。其基本原理:(1)通过考虑岩石的细观非均质性模拟岩石变形、破坏的非线性;(2)通过单元破坏后的材料性质弱化模拟岩石变形、破裂的非连续性。RFPA<sup>2D</sup>数值计算软件的一个显著特点就是将岩石类材料的不均匀性参数引入到计算单元,假定参数服从某种分布(如韦伯分布),以物理统计方法描述其离散性,充分考虑了岩石介质的非均匀性<sup>[6]</sup>。

巷道围岩运动是一个非常复杂的动态发展过程,为了更直观地再现工作面回采巷道煤炮现象的发生过程和发生机理,笔者使用 RFPA<sup>2D</sup>数值计算软件对巷道围岩变形破坏过程和声发射现象进行模拟。

## 2 数值模拟及其结果分析

### 2.1 数值计算模型的建立

数值计算模型模拟 21080 工作面机巷开挖后的巷道围岩变形破坏过程,真实地再现巷道周围煤岩体微裂隙的产生与扩展过程中声发射信号释放的全过程,解释巷道掘进过程中煤炮产生的范围及机理。岩层的物理力学参数根据实验室岩石力学试验和现场经验数据选取,如表 1 所示。模型长度×高度为 50 m×50 m,划分为 100×100 个单元,巷道位于模型中间,模型的边界条件:模型上部为自由边界,按照深度施加自重应力,经计算为 9.24 MPa;模型左、右边界侧压系数为 0.5,施加载荷为 4.62 MPa;模

型下边界为固支边。采用修正的摩尔-库仑准则作为单元破坏的强度准则。

表1 数值模拟煤岩层的物理力学参数

岩层	岩层厚度 / m	弹性模量 / MPa	抗压强度 / MPa	容重 / ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
中粒砂岩	17.5	20 000	80	2 500
砂质泥岩	4	8 000	40	2 400
泥岩	1.5	6 000	15	2 400
已 <sub>16-17</sub>	4	3 000	5	1 400
泥岩	6	6 000	20	2 400
砂质泥岩	2.5	8 000	40	2 400
石灰岩	14.5	22 000	100	2 700

## 2.2 数值计算结果分析

在原岩中开挖巷道, 打破了围岩原有的三向应力平衡状态, 围岩应力重新分布。其表现为巷道周边径向应力消失, 环向应力集中, 且围岩强度明显下降。如果集中应力超过围岩强度, 巷道周边岩体首先破坏, 产生裂隙, 并向深部扩展, 直至一定深度后, 集中应力小于或等于岩体强度时, 岩体重新达到应力平衡状态, 破坏停止, 如图1、图2所示。

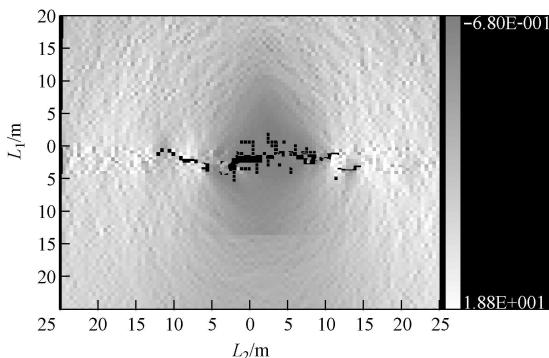


图1 巷道围岩变形破坏平衡时应力分布

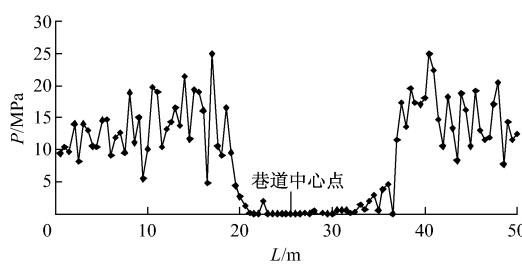


图2 巷道两帮垂直应力分布曲线

图1中, 以巷道中心点为坐标重点, 表示巷道围岩的破坏情况, 颜色较亮的地方表示所受应力较高, 颜色较暗的地方表示所受应力较小。图2以巷道腰线所在位置为基线给出巷道两帮垂直应力分布曲线。

模拟结果显示, 巷道围岩产生裂隙及裂隙扩展

过程中产生大量声发射信号, 声发射信号主要集中在巷道两帮 15 m 范围之内、顶板约 10 m 范围之内。巷道变形破坏的过程中, 在该范围内积累了大量的弹性能, 当弹性能释放能量等级较大时就会产生煤炮现象, 这与该矿煤炮主要发生在掘进巷道两帮与顶板应力升高区基本一致, 因此, 巷道围岩变形破坏过程中的声发射现象能够较好地解释象煤炮等冲击地压的发生过程和发生机理。

## 3 结论

(1) RFPA<sup>2D</sup>数值计算软件能够真实地再现煤岩体微裂隙的产生与扩展过程中声发射信号释放的全过程, 能够较好地解释巷道掘进过程中煤炮现象的发生范围和发生机理。

(2) 模拟结果显示, 巷道围岩产生裂隙及裂隙扩展过程中产生大量声发射信号, 声发射信号主要集中在巷道两帮 15 m、顶板约 10 m 范围之内, 巷道变形破坏的过程在该范围之内中积累了大量的弹性能, 当弹性能释放能量等级较大时就会产生煤炮现象。

(3) 该煤矿煤炮现象发生的主要原因是巷道掘进过程中强度较低的围岩变形破坏时瞬间有释放。由于围岩强度较低, 围岩变形破坏时所积累的弹性能级相对较小, 因此, 煤炮现象的发生只是一种能级相对较小的动力现象, 不能认为是冲击地压发生的前兆信息。该结论对消除矿工的恐慌心理具有较大的作用。

## 参考文献:

- [1] 齐庆新, 奚林名. 冲击地压理论与技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008.
- [2] 李凤琴, 张兴民, 姜福兴. 煤矿井下微震监测系统及应用 [J]. 煤田地质与勘探, 2006, 34(4): 68-70.
- [3] 姜福兴, LUO Xun, 杨淑华. 采场覆岩空间破裂与采动应力场的微震探测研究 [J]. 岩土工程学报, 2003, 25(1): 23-25.
- [4] 林盛, 刘业新, 李衍达. 基于时-频分解技术的全波列声波测井信号处理 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 1997, 37(3): 63-66.
- [5] 李玉, 黄梅, 廖国华, 等. 冲击地压发生前微震活动时空变化的分析特征 [J]. 北京科技大学学报, 1995, 17(1): 10-13.
- [6] 唐春安, 于广明, 刘元红, 等. 采动岩体破裂与岩层移动数值试验 [M]. 长春: 吉林大学出版社, 2003.