

由煤岩变形冲击破坏所产生的电磁辐射

窦林名, 何学秋, 王恩元, 谷德钟

(中国矿业大学 能源学院, 徐州 221008)

摘要: 对岩石破裂所产生的电磁辐射现象的观测和研究, 对于研究地震规律和矿山冲击矿压及其预报具有重要的意义。在实验室和现场条件下, 采用 EAE-04 声电测试系统和 KBD5 电磁辐射监测仪对煤岩变形破裂过程中的电磁辐射进行了测定。试验和测试结果表明, 煤岩体在变形、破坏过程中均产生电磁辐射现象; 煤岩在冲击破坏前, 电磁辐射强度一般在某个值以下, 而在冲击破坏时, 电磁辐射强度突然增加; 而电磁辐射的脉冲数则随载荷的增加及变形破裂过程的发展而增大。依此规律, 可以对冲击矿压危险性进行评价和预测预报。

关键词: 煤岩冲击破坏; 冲击矿压; 电磁辐射; 强度; 脉冲

中图分类号: TD 324

文章编号: 1000-0054(2001) 12-0086-03 **文献标识码:** A

石破裂电磁辐射效应的研究, 无论是在理论研究方面, 还是在应用研究方面, 都取得了发展, 特别是在地震预报方面。文 [1, 2] 对载荷作用下煤体的电磁辐射特性及规律进行了研究。

1 煤岩变形破裂的电磁辐射信号

试验研究表明, 煤岩变化破裂时, 将会产生电磁辐射现象。电磁辐射是煤体等非均质材料在受载情况下发生变形及破裂的结果, 是由煤体各部分的非均匀变速变形引起的电荷迁移和裂纹扩展过程中形成的带电粒子产生变速运动而形成的。

某矿原煤的电磁辐射实验^[2], 共记录到 67 个事件。图 1 中只给出部分事件的记录结果, 其中 n 为仪器的通道号。采样速率为 2 MHz。

2 岩样试验研究

把天然状态下的煤样和岩样加工成直径 50 mm 长 100 mm 的标准试件, 做单轴抗压试验, 同时测定煤岩变形破裂过程中的电磁辐射现象。加载装置采用高精度能控制加载速度及调节油压的 MTS 伺服材料试验机。测量系统采用 EAE-04 声电测试系统, 前放 40 dB, 主放 50 dB, 探头中心频率 25 kHz。电磁辐射前放 40 dB, 主放对于圆筒天线为 10 dB, 对于平板天线为 20 dB。

为了减少电磁干扰影响, 采用了网格尺寸小于 0.5 mm 的铜网作屏蔽系统。实验时, 将电磁辐射的天线、声发射探头、伺服材料试验机压头等一起放入屏蔽系统内, 如图 2 所示。

某煤岩样的试验研究结果见图 3 所示。其分别表示煤样、试块在载荷作用下变形破坏的载荷 P 与时间 t 曲线、电磁辐射脉冲数 n_p 分布和电磁辐射强

Electromagnetic emissions in rock and coal burst failures

DOU Linming, HE Xueqiu, WANG Enyuan, GU Dezhong

(China University of Mining and Technology,
Xuzhou 221008, China)

Abstract Earthquakes and rock bursts can be forecast by monitoring electromagnetic emissions (EME). The electromatic emissions phenomenon in the rock burst process was studied using the EAE-04 electromagnetic and acoustic emission system both in the laboratory and in situ. The results show that the EME occur during the deforming and failing of the loading rock and coal. The EME intensity is low before the coal burst failure but increases suddenly when burst failure occurs. The EME impulse increases with the breakup rise of the stressed coal so the danger of rock burst can be evaluated and forecasted.

Key words rock and coal burst failures; rock burst; electromagnetic emission (EME); intensity; impulse

煤岩的电磁辐射是煤岩受载破裂过程中向外辐射电磁能量的过程或现象。对岩石破裂电磁辐射的观测和研究是从地震工作者发现震前电磁异常后开始的。前苏联和中国在这方面开展研究较早, 日本和美国等国家也开展了这方面的研究工作。近年来岩

收稿日期: 2000-11-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (59874028, 50074030); 中国博士后基金项目 (99005)

作者简介: 窦林名 (1963-), 男 (汉), 青海, 副教授。

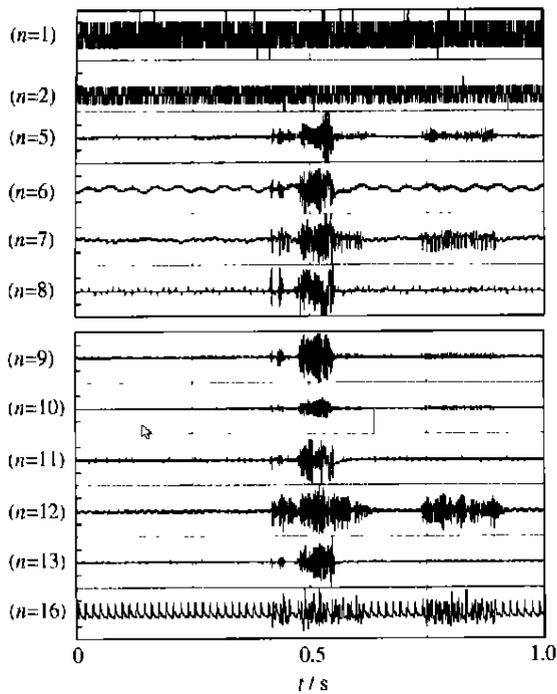
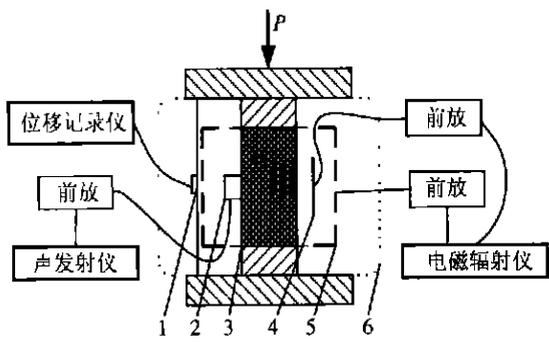


图 1 某矿原煤电磁辐射实验记录结果



1- 位移传感器; 2- 声发射探头; 3- 绝缘纸;
4- 平板天线; 5- 圆筒天线; 6- 屏蔽网罩

图 2 实验系统

度 E 分布图。试验研究结果表明:

1) 不同类型的煤岩体在载荷作用下变形及破裂过程中都有电磁辐射信号产生。在煤体的受载变形破裂过程中,电磁辐射基本上随着载荷的增大而增强,随着加载及变形速率的增加而增强

2) 从煤的变形破坏试验结果来看,煤试样在发生冲击性破坏以前,电磁辐射强度一般在某个值以下,而在冲击破坏时,电磁辐射强度突然增加。从试验的煤样看,在发生冲击性破坏以前,电磁辐射强度一般在 60 mV 左右,而在冲击破坏时,电磁辐射强度最大达 130 mV。

3) 煤岩体电磁辐射的脉冲数随着载荷的增大及变形破裂过程的增强而增大。载荷越大,加载速率

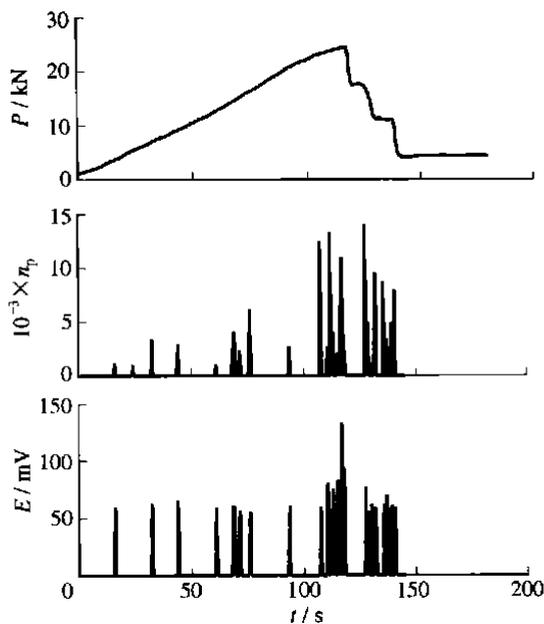


图 3 煤样试验结果

越大,煤体的变形破裂越强烈,电磁辐射信号也越强。

4) 受载煤体电磁辐射具有 Kaiser 效应,如图 4 所示。

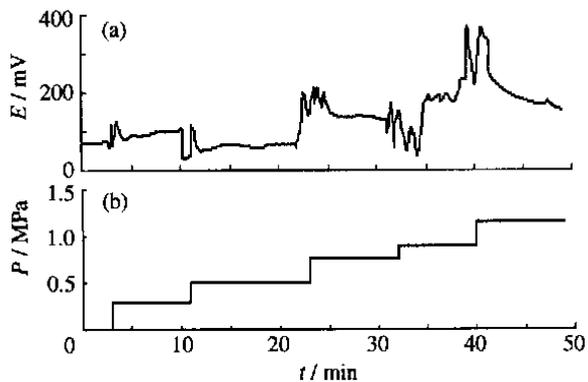


图 4 煤岩电磁辐射与载荷间关系

3 现场测试结果

现场采用 KBD5 电磁辐射监测仪进行测量。图 5 为某次测量的电磁辐射值。图 6 为某矿冲击矿压

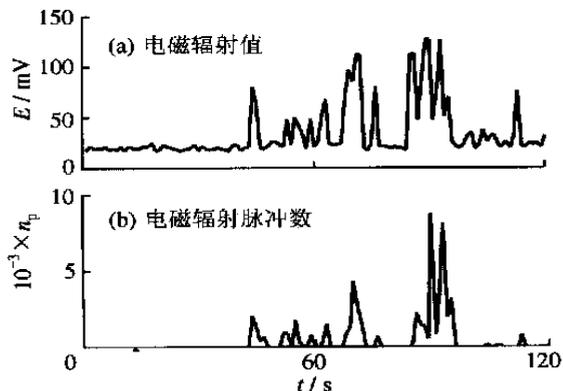


图 5 某次测量的电磁辐射 E 及脉冲数 n_p

发生前后电磁辐射的变化规律 从图中可以看出,当电磁辐射的幅值超过某一个界限后,就有可能发生冲击矿压 而且其发生的规律是在发生前的一段时间内,电磁辐射值较高,之后一段时间内,电磁辐射值相对较低。试验研究和现场测试表明:采用电磁辐射方法完全可以对冲击矿压进行预测预报

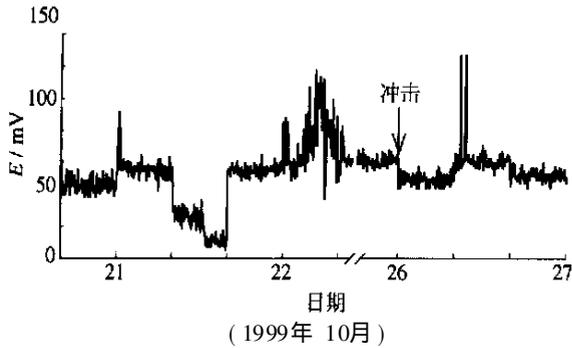


图 6 冲击矿压发生前后电磁辐射的变化规律

4 煤岩冲击破坏的电磁辐射机理

煤岩类材料在载荷作用下发生破坏,主要是与材料内部的裂纹,裂纹的产生、扩展及突然断裂有关。裂纹在形成和扩展时,储存在内部的部分弹性能突然释放,形成冲击破坏。而煤岩体在载荷作用下变形破坏产生电磁辐射,是源于煤岩体的非均质性,是由应力作用下煤岩体中产生非均匀变速形变而引起的^[2]。有两种形式:一种是由电荷引起的库仑场(或准静电场),另一种是由带电粒子作变速运动而产生的电磁辐射。

应用电磁场理论对受载煤岩体变形破坏过程中的电磁辐射现象分析,可以得出如下结论:

1) 在非均匀应力作用下非均质煤岩体各部分产生非均匀形变,由此引起电荷迁移,使来自自由和逃逸出来的电子由高应力区向低应力区或拉应力区迁移,同时在试样表面也积累了大量的电荷。由此形成了库仑场(或准静电场),或低频电磁辐射。

2) 裂纹形成及扩展前,裂纹尖端积累了大量的自由电荷(电子)。裂纹扩展时,发射电子,由于裂纹不是匀速扩展,这必然向外辐射电磁波。

3) 裂纹形成后,裂纹与煤岩体形成 $L-C$ 回路。裂纹扩展时,裂纹尖端放电。裂纹扩展后,裂纹局部煤体卸载收缩,在卸载的瞬间,裂纹尖端两侧附近区域煤体中电子浓度较高,形成了库仑场。在该电场的

作用下,发射出的电子产生加速运动,向外辐射电磁波;

4) 出于摩擦等原因产生电磁辐射;裂纹表面电荷也会发生张弛。

5 结 论

对煤岩变形、冲击破坏产生的电磁辐射现象的研究表明:

1) 煤岩体在载荷作用下,产生变形、破坏时,均有电磁辐射信号产生。

2) 煤岩体在其冲击破坏前,电磁辐射强度一般在某个值以下,而发生冲击破坏时,其强度值突然增加。依此规律,可以预测煤岩的冲击破坏及冲击地压。

3) 煤岩体变形破坏时的电磁辐射脉冲数随载荷的增加及变形破坏程度的增加而增大。依此规律,可对煤岩体变形破坏程度进行评价。

4) 煤岩体在载荷作用下变形破坏产生电磁辐射,是源于煤岩体的非均质性,是由应力作用下煤岩体中产生非均匀变速形变而引起的。

5) 因此,电磁辐射法是一种非常有效的预测预报冲击地压及其危险性进行评价的地球物理方法。

参考文献 (References)

- [1] 何学秋,刘明举.含瓦斯煤岩破坏电磁动力学[M].徐州:中国矿业大学出版社,1995.
HE Xueqiu, LIU Mingju. The EME Dynamics of Methane-contained Rock & Coal Failure [M]. Xuzhou: China University of Mining & Technology Press, 1995. (in Chinese)
- [2] 王恩元.电磁辐射法监测煤与瓦斯突出危险性技术及其应用研究[D].徐州:中国矿业大学,1999.
WANG Enyuan. Study on the EME Method in Monitoring the Dangerousness of Coal & Methane Burst and its Application [D]. Xuzhou: China University of Mining & Technology, 1999. (in Chinese)
- [3] 何学秋,龚林名,王恩元,等.重庆市朝天门隧道大正段左线稳定性综合测试报告[R].徐州:中国矿业大学,2000.
HE Xueqiu, DOU Linming, WANG Enyuan, et al. The Synthetic Survey Report of the Left Line Stability for Chaotianmen Tunnel's Dazheng Sect in Chongqing City [R]. Xuzhou: China University of Mining & Technology, 2000. (in Chinese)