

煤岩动力灾害的电磁辐射预测技术及应用

聂百胜¹⁾ 何学秋²⁾ 王恩元²⁾ 窦林名²⁾ 刘贞堂²⁾

(1)中国矿业大学北京校区 ,北京 ,100083 (2)中国矿业大学 ,江苏 徐州 ,221008)

摘 要 实验研究了受载煤岩电磁辐射及瓦斯流动电磁辐射影响的规律 ,并研究了电磁辐射预测煤岩动力灾害的原理及方法 ,在煤矿现场进行了大量的试验。结果表明 ,煤体受载产生的电磁辐射与应力和变形破裂程度基本呈正相关 ,瓦斯流动梯度越大 ,电磁辐射强度越高 ;用电磁辐射监测技术预测煤与瓦斯突出、冲击矿压等煤岩动力灾害现象是完全可靠的 ,而且可以检验防治措施的效果。电磁辐射技术完全实现了非接触预测 ,具有费用低、操作简便、准确率高等优点 ,是一种很有前途的地球物理方法。

关键词 煤岩动力灾害 电磁辐射技术 预测

Electromagnetic Radiation Technology for Forecasting Dynamic Disasters of Coal and Rock and Its Applications

NIE Baisheng¹⁾ HE Xueqiu²⁾ WANG Enyuan²⁾ DOU Linming²⁾ LIU Zhentang²⁾

(1) Beijing Campus , China University of Mining and Technology , Beijing , 100083 ;
(2) China University of Mining and Technology , Xuzhou , Jiangsu , 221008)

Abstract The regularity of electromagnetic radiation (EMR) during the deformation and fracturing of coal and in the process of gas flowing in coal was studied experimentally. Besides , the principle and technology of EMR for forecasting dynamic disasters of coal and rock were studied and put forward. Plenty of experiments and application were made in coal mines. The results show that EMR signals have a good relationship with the deformation and fracturing of coal and the stress. The higher the EMR intensity is , the larger the gas gradient will be. The EMR technology for monitoring and forecasting dynamic disasters of coal and rock is entirely reliable and can check the effect of prevention measures. This technology can help us to realize non-contact forecast and also has lots of merits such as low expenses , simple operation and high accuracy. Therefore , the EMR technology has a very good application prospect.

Key words dynamic disasters of coal and rock electromagnetic radiation technology forecast

近年来 ,随着采掘深度和强度的加大 ,矿井煤岩动力灾害现象 ,如煤与瓦斯突出、冲击矿压等越来越严重 ,灾害事故频发。据 1999 年统计 ,在全国 595 处国有重点煤矿中 ,有高瓦斯突出矿井 347 处 ,冲击矿压矿井 50 多个。煤与瓦斯突出和冲击矿压是井下采掘过程中煤岩体突然失稳 ,大量煤岩或瓦斯突然从工作面喷出造成大量人员伤亡和巨大经济损失的一种强烈动力灾害现象。例如 ,1998 年 ,辽宁红菱煤矿发生煤与瓦斯突出造成 28 人死亡 ,2002 年 4 月 ,淮北矿业集团芦岭煤矿发生煤与瓦斯突出 ,突出

煤量 7 000 多吨 ,瓦斯 60 多万立方米 ,死亡 13 人。这些灾害事故严重影响了矿井社会效益和经济效益。目前对这些动力灾害现象的预测多采用静态钻孔点预测方法。这种方法测定参数需占用作业时间和空间 ,工程量很大 ,预测作业时间也较长 ,对生产有影响 ,预测所需费用也较高 ,而且这种静态法易受人工及煤岩体的结构、应力分布不均匀和不稳定的影响 ,其准确性不是很高。因此 ,如何有效、快速预测这些动力灾害现象是目前研究的重点。电磁辐射是一种正在迅速发展的预测煤岩动力灾害的地球物

本文由国家自然科学基金项目(59874028 ,50074030)、国家杰出青年科学基金(59925411)、国家自然科学基金重点项目(50134040)、国家“十五”科技攻关项目(2001BA803B0408)和中国博士后科学基金(2002032120)资助。

第一作者 :聂百胜 ,男 ,1973 年生 ,主要从事矿山含瓦斯煤岩灾害动力过程及预测技术、煤岩电磁辐射及应用技术、外加场对煤层气储运的影响等方面的数据。E-mail :bshnie@sohu.com。

理方法。

电磁辐射首先是作为地震预测的方法进行研究的,目前,电磁辐射预测煤岩动力灾害技术发展迅速,正受到研究者和矿井现场的密切关注。本文就煤岩动力灾害电磁辐射监测技术的原理及应用进行论述。

1 电磁辐射监测技术原理

1.1 煤岩变形破裂电磁辐射规律

岩石破裂时能够产生电磁辐射,这已经被地震工作者的大量研究得到证实,近年来对于煤体变形破裂的电磁辐射国内外学者(Frid等,1992;何学秋等,1993,1995;王恩元,2000;聂百胜,2000)^{①②③}也开展了研究。笔者的研究表明,较软的煤体(或含瓦

斯煤体)受载变形破裂也能够产生频带较宽的电磁辐射,电磁辐射的强度和脉冲数与载荷和煤岩变形破裂程度基本呈正相关(图1)。

对电磁辐射的频谱分析表明,煤岩体变形破裂过程中的电磁辐射是频谱很宽的脉冲信号,而且电磁辐射的频谱随着载荷及变形破裂强度的增加而增高。瓦斯流动对电磁辐射有影响,其压力梯度越大,流速越高,电磁辐射越强(聂百胜,2001;图2)。

上述研究为电磁辐射监测技术及预报方法提供了理论依据。

1.2 煤岩动力灾害的电磁辐射预测原理

地层中的煤岩体未受采掘影响时,基本处于准平衡状态。当掘进或回采空间形成后,周围煤岩体失去应力平衡,处于不稳定状态,发生变形或破裂,

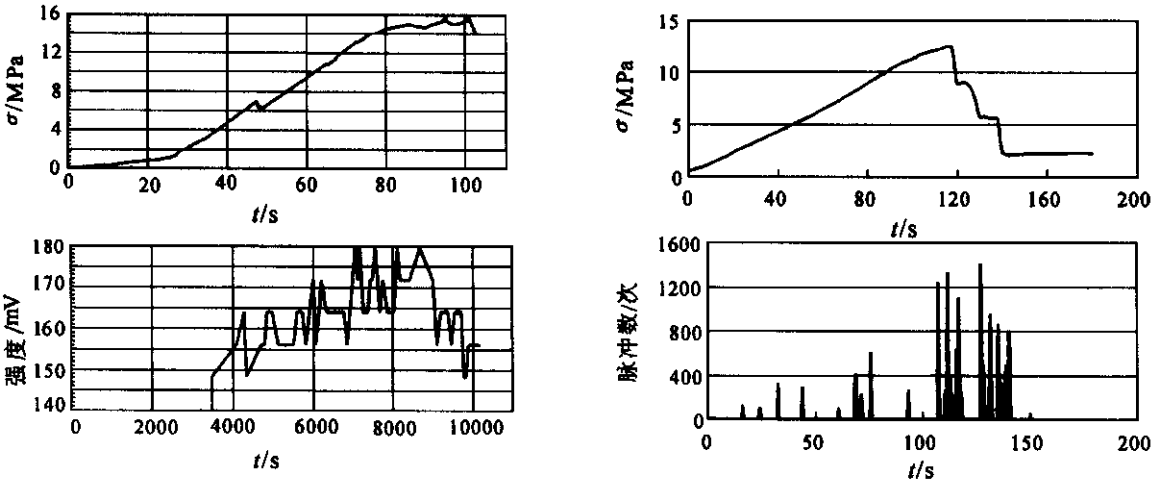


图1 原煤电磁辐射信号与应力间的关系
Fig.1 Relationship between electromagnetic radiation (EMR) signals and stress of original coal
a-电磁辐射信号强度 b-电磁辐射脉冲数

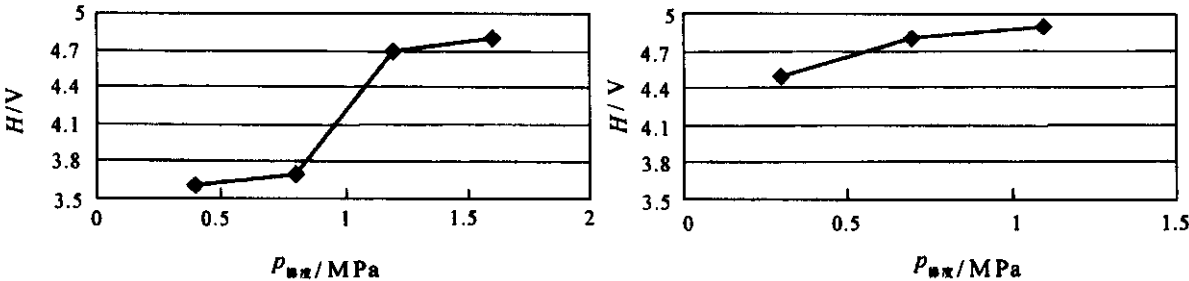


图2 原煤瓦斯流动时电磁辐射信号与压力梯度的关系
Fig.2 Relation between EMR signals and pressure gradient when gas flow in coal
a-甲烷 b-氮气

① 龚林名. 2001. 煤岩突变的声电效应规律及其应用研究. 徐州: 中国矿业大学(博士后出站报告), 4~7.
② 聂百胜. 2001. 含瓦斯煤岩力电效应及机理研究. 徐州: 中国矿业大学(博士学位论文), 11~27.
③ 王恩元. 2000. 含瓦斯煤岩破裂的电磁辐射和声发射效应及其应用研究. 徐州: 中国矿业大学(博士学位论文), 15~40.

以向新的应力平衡状态过渡,即发生变形或破裂,从而产生电磁辐射。即使当采掘空间或巷道周围煤岩体处于基本稳定状态时,由于煤岩体仍然承受着上覆岩层的应力作用,此时工作面煤体处于流变状态,同样会产生电磁辐射。

在采掘工作面前方,依次存在着3个区域:①应力松弛区(即卸压带);②应力集中区;③原始应力区。采掘空间形成后,煤体前方的这3个区域始终存在,并随着工作面的推进而前移。由松弛区到应力集中区,应力及瓦斯压力越来越高,因此电磁辐射信号也越来越强。在应力集中区,应力和瓦斯压力达最大值,煤体的变形破裂过程也较强烈,电磁辐射信号最强。越过峰值区后进入原始应力区,电磁辐射强度将有所下降。沿着工作面煤体深度方向电磁辐射应产生一个应力曲线型的理论曲线,现场沿煤体深度测试的电磁辐射强度证明了这一点(图3)。采用非接触电磁辐射法测定的是前方煤岩体总体的电磁辐射强度和脉冲数,由于应力集中区和松弛区产生的电磁辐射最强,所以主要是测试这两个区域的电磁辐射,而煤岩动力灾害的发生往往也是因两个区域的煤岩体受载失稳而引起的。

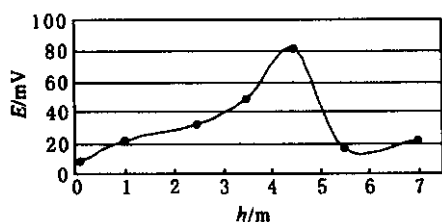


图3 煤体电磁辐射强度与深度间的关系

Fig.3 Relation between EMR intensity and depth in coal

煤岩动力灾害是地应力、瓦斯压力和煤岩体共同作用的结果,是经过一个发展过程后产生的突变行为,肯定有一个明显的前兆,那就是工作面前方煤岩体处于高应力状态或瓦斯压力处于高压状态,煤岩体电磁辐射信号较强;或者是煤岩体处于逐渐增强的变形破裂过程中,煤岩体电磁辐射信号逐渐增强。电磁辐射和煤岩体的应力状态有关,应力越高,煤岩体的变形破裂越强烈,电磁辐射信号就越强,电磁辐射脉冲数也越大。应力越高,冲击危险也越大。电磁辐射强度和脉冲数2个参数综合地反映了煤体前方应力的集中程度、瓦斯流动状态和煤岩体动力灾害的危险程度,因此可用电磁辐射监测技术进行煤岩体动力灾害的危险预测。

2 煤岩动力灾害的电磁辐射监测预报技术

2.1 测试仪器

电磁辐射监测仪器采用的是由中国矿业大学生产的KBD5矿用本安型煤与瓦斯突出(冲击矿压)电磁辐射监测仪,主要由高灵敏度定向接收天线、电磁辐射接收及数据处理主机组成,具有定向接收、数据存储、远程监测及自动报警等功能,具有操作简单、携带方便、适用范围广和抗干扰能力强等特点。

2.2 测试方式

采用KBD5监测仪对煤岩体既可进行定点长时监测,也可进行动态跟踪监测。定点长时监测就是在工作面或巷道中选定某一测点,监测选定区域内煤岩体在采掘过程中电磁辐射的变化,动态跟踪监测就是随着工作面的进尺,在工作面或巷道布置测点,监测进尺后煤岩体的电磁辐射,以预测工作面前方或巷道周围煤岩体的动力灾害危险程度。对于现场预测工作面冲击危险,应以后者为主。

在使用电磁辐射监测仪预测灾害危险时,首先要将天线开口朝向需要进行预测的煤岩体区域并固定。一般在掘进工作面布置3个测点,分别朝向左前方、正前方、右前方(图4),回采工作面或巷道中每隔10 m或20 m左右布置1个测点(图5),当有某一测点电磁辐射较强时,可在周围加密测点,测点间距为5~10 m。

3 现场试验

3.1 冲击矿压危险性的预测

图6为三河尖煤矿工作面回采过程中材料道电磁辐射的测试结果,17日夜班测试超过临界值,工作面停采;17日早班测试也超过临界值且有增大趋势,表明此时已达到相当危险的状态。早班工作面采取了卸压爆破措施。采取措施后,17日中班进行测试,结果表明:电磁辐射幅值大幅度下降,低于临界值,说明防治效果明显。试验表明,电磁辐射监测技术能够对冲击矿压的危险性进行预测预报,并能对防冲措施效果进行检验。

3.2 煤与瓦斯突出的预测

煤与瓦斯突出预测是在河南平顶山煤业集团八矿进行试验的。图7是13190机巷有突出危险时的测定结果,图8是13190机巷采取打孔排放瓦斯措施后无突出危险时的测定结果。图中 E 表示电磁辐射强度, N 表示电磁辐射脉冲数。结果表明:有突出危险时,工作面煤体电磁辐射信号强度较强,脉

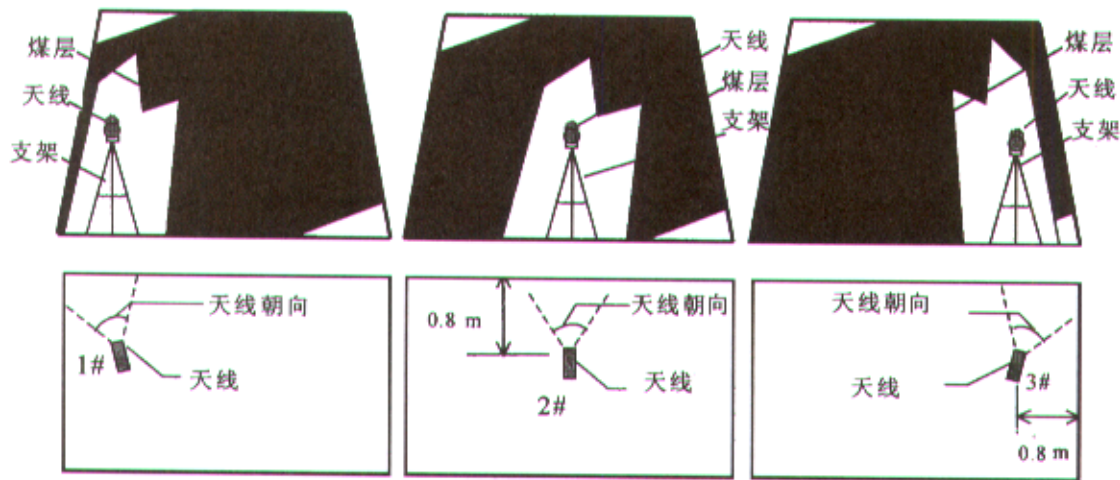


图 4 掘进工作面电磁辐射监测方式
Fig.4 Monitoring method of EMR in the excavation face

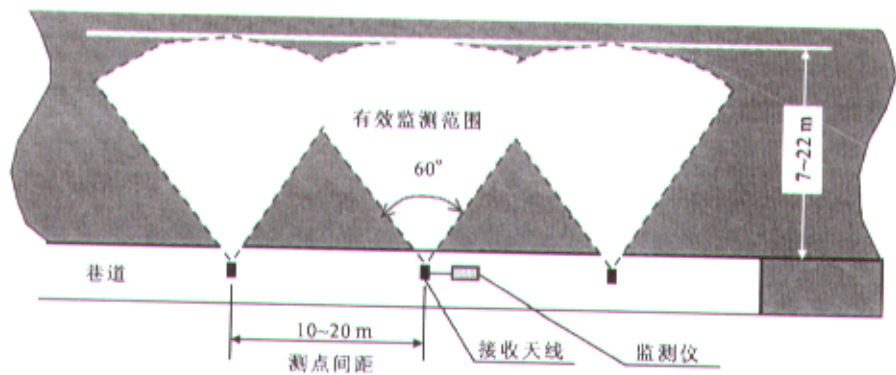


图 5 回采工作面或巷道电磁辐射监测方式
Fig.5 Monitoring method of EMR in the laneway or mining face

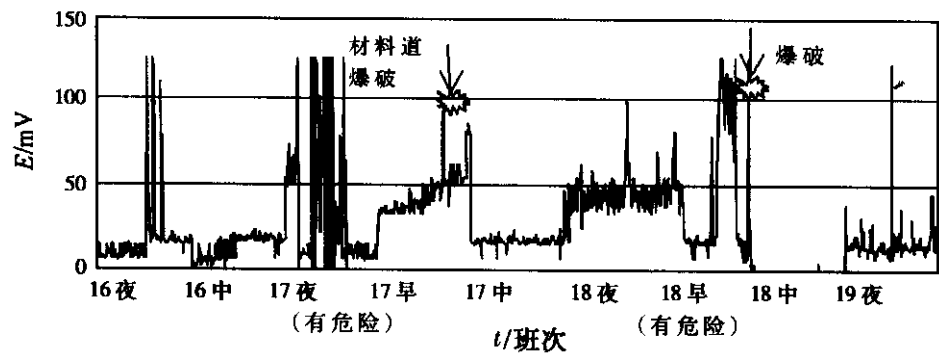


图 6 有冲击矿压危险采取防治措施前后电磁辐射强度特征
Fig.6 Characteristic of EMR intensity before and after the preventing measure

冲数较高,且电磁辐射脉冲数随时间呈增强趋势;采取防治措施没有突出危险时,工作面煤体电磁辐射信号较弱,脉冲数较低。

3.3 煤岩动力灾害发生的电磁辐射特征

通过在大量的试验研究和理论分析,煤岩

动力灾害发生的电磁辐射预兆具有以下特征:

(1)电磁辐射强度或脉冲数超过某一临界值,具有发生灾害的危险。

(2)当相邻班次或连续测试的电磁辐射强度或脉冲数变化幅度较大,超过一定比例后,表明有发生

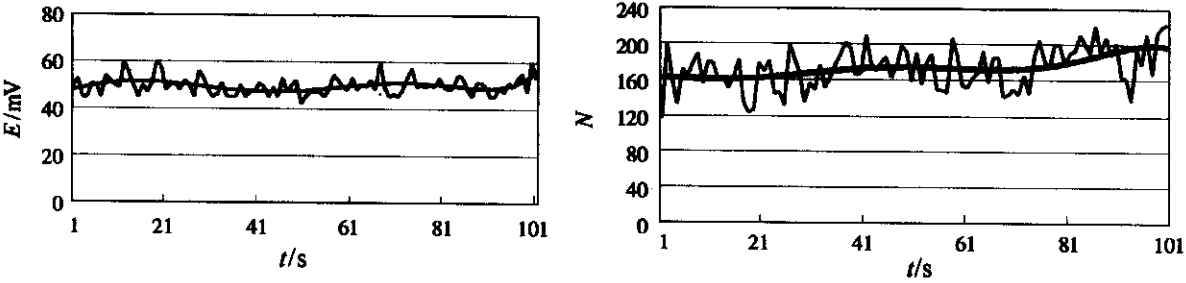


图 7 13190 机巷有突出危险时测试结果

Fig. 7 Results of EMR signals when coal and gas outburst will take place in roadway 13190
a-电磁辐射强度 b-电磁辐射脉冲数

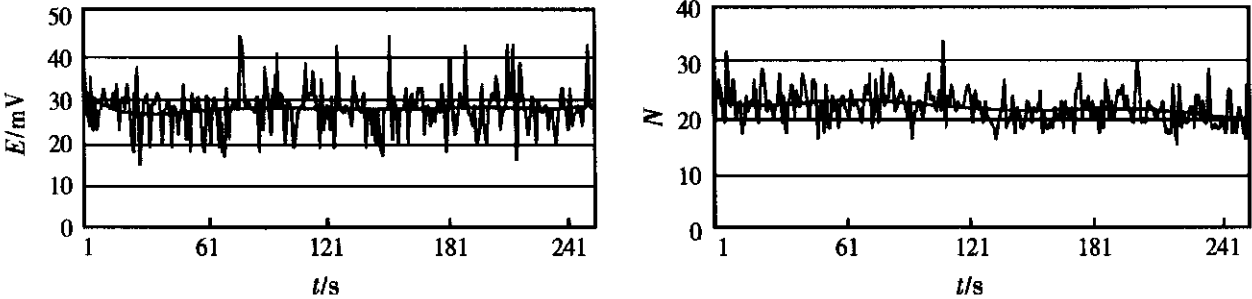


图 8 13190 机巷采取措施后没有突出危险时测定结果

Fig. 8 Results of EMR signals after measures were taken to prevent coal and gas outburst in roadway 13190
a-电磁辐射强度 b-电磁辐射脉冲数

灾害的危险,应采取防治措施。

(3)当电磁辐射强度或脉冲数连续增加,突然大幅度降低时,此时最为危险,应立即停止作业,撤出工作人员,并采取措施。

(4)利用电磁辐射监测技术可以有效检验防治措施的效果。防治效果良好时,危险区域内的所有测点的电磁辐射强度和脉冲数大大降低,否则应加强措施的力度。

电磁辐射监测技术及装备具有许多优点:真正实现了非接触预测,不受人工和工作面煤岩体分布不均匀及不稳定的影响,能够有效预测煤岩动力灾害现象,无需打钻,操作简便,对生产影响小,预测费用大大降低。目前该项技术及装备已在有煤岩动力灾害危险的矿井进行了应用,如江苏徐州三河尖煤矿、辽宁抚顺老虎台煤矿、新汶华丰煤矿、大屯孔庄煤矿和山东兖州东滩煤矿等,应用效果均很好。

4 结 论

(1)煤体受载产生的电磁辐射强度和脉冲数基本与应力变形破裂程度呈正相关;瓦斯气体对电磁辐射有影响,瓦斯流动梯度越大,电磁辐射强度越高。

万方数据

(2)电磁辐射监测技术能够有效预测矿井煤岩动力灾害现象。当电磁辐射强度或脉冲数超过某一临界值,电磁辐射连续增长,超过一定比例,电磁辐射先增长,随后突然减小,均具有煤岩动力灾害发生的危险性,应采取防治措施。

(3)在采取防治措施前后,电磁辐射变化明显。因此,可用电磁辐射监测技术进行灾害防治措施的效果检验。

(4)电磁辐射监测技术测试方法不受人工和工作面煤岩体分布均匀及不稳定的影响,预测准确率高,无需打钻,对生产影响小,使预测费用大幅度降低。

参 考 文 献

何学秋,周广来,刘贞堂.1993.含瓦斯煤的能量耗散过程及非接触预测.煤炭科学技术,21(12):18~21.
何学秋,刘明举.1995.含瓦斯煤岩破坏电磁动力学.徐州:中国矿业大学出版社,17~38.
聂百胜,何学秋,王恩元.2000.煤体变形破裂电磁辐射的初步试验研究.煤矿安全,31(4):38~41.
王恩元,何学秋.2000.煤岩变形破裂电磁辐射的实验研究.地球物理学报,43(1):131~137.
Frid V I,Shabarov A N,Proskuryakov V H et al.1992. Formation of electromagnetic radiation in coal stratum. Soviet Mining Science,28(2):139~145.