

# 矿井构造与瓦斯的震波超前探测技术应用分析

刘盛东<sup>1,2</sup>, 张平松<sup>1</sup>

(1. 安徽理工大学 资源与环境工程系, 安徽 淮南 232001; 2. 中国煤炭学会 矿井地质专业委员会, 安徽 淮南 232001)

**摘要:** 采用震波探测技术, 利用专门的智能矿井资源探测仪, 通过震波的时域参数、幅频域特征等方法, 实施自激自收反射技术、面波技术、到时层析成像技术, 可以预测前方断层位置、煤体的内部变异以及瓦斯突出的可能性。在巷道独头探测煤层和小断层及工作面内的构造探测工程实例中, 进一步说明了震波探测方法对矿井瓦斯及小构造探测有较好的应用效果。

**关键词:** 震波探测; 煤层; 瓦斯; 构造

**中图分类号:** TD166

**文献标识码:** B

**文章编号:** 0253-2336(2005)01-0039-03

## Application and analysis on pilot detecting technology of mine structure and gas with vibration wave

LIU Sheng-dong<sup>1,2</sup>, ZHANG Ping-song<sup>1</sup>

(1. Department of Resources and Environment Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China;

2. Mine Geological Professional Committee, China Coal Society, Huainan 232001, China)

### 1 概述

随着采煤机械化程度的不断提高, 对矿井地质构造发育程度的认知必须得到相应提高, 特别是对巷道掘进头及采煤工作面小构造进行准确预报、预测, 以保证煤矿采掘工作面的安全高效生产, 这是目前矿井地质工作的首要任务。同时构造因素往往与矿井瓦斯相关联, 煤系地层构造复杂的地方也是瓦斯易于突出的地方, 构造是瓦斯溢出的通道, 因此查清采掘面前方小构造, 对异常区域提前采取预防措施, 直接关系到“一通三防”工作的成效。自20世纪90年代初以来, 一直致力于矿井瓦斯与小构造探测方法技术研究, 并在KDY-1型矿井地震仪基础上开发了新一代的智能矿井资源探测仪, 其单、双点及折射、反射探测方式, 应用地震勘探中反射、折射及瑞雷波勘探原理对目的层界面及厚度进行判定与计算, 并结合已知地质特征进行构造解释, 在实际探测中取得了较好的应用效果。

### 2 震波探测条件分析

#### 2.1 煤岩层结构及地震地质条件

一般来说, 煤层震波速度范围在  $V_c = 1.5 \sim 2.0$  m/ms, 煤层密度  $\rho_c = 1.3$  g/cm<sup>3</sup> 左右; 围岩顶底板速度范围  $V_r = 3.0 \sim 4.5$  m/ms, 围岩密度  $\rho_r =$

2.4 g/cm<sup>3</sup> 左右。按照波阻抗  $Z = V\rho$  原理,  $Z_c = V_c \rho_c$ ,  $Z_r = V_r \rho_r$ , 则  $D_z = Z_r - Z_c$ , 按照波动理论只要  $D_z \neq 0$ , 则在该界面必将产生波的反射或折射。显然对于煤层与其围岩的界面  $D_z = 4.6 \sim 8.85$  之间, 因此, 该界面的反射系数  $R = D_z / (Z_r + Z_c) = 0.34 \sim 0.7$ , 一般  $R = 0.1$  就被称为强反射界面。这样煤层震波速度  $V$ 、密度  $\rho$ 、构造变异、软硬特征等的变化都会产生波阻抗的变化, 因此, 可以通过震波法检测煤层的小构造特征、煤层的软硬变化以及内部的应力变化等相关特征, 进一步分析其瓦斯地质特征状况<sup>[1,2]</sup>。

#### 2.2 构造与瓦斯涌出相关性

瓦斯是一种赋存在储气构造中的煤层气, 它可以通过运移的方式由各种通道进行释放。国内外地质资料以及我国高瓦斯矿井实际开采经验表明, 发生煤与瓦斯涌出的位置, 多与地质构造破坏有直接关系。从位置上讲, 或发生在小断层位置处, 或发生在小背斜褶曲部位, 或发生在各种裂隙带<sup>[3]</sup>; 从地域上讲, 多数突出发生在巷道独头, 采掘工作面, 但也有发生在采煤工作面。总的来说, 瓦斯涌出受构造因素的影响程度较大。因此应用震波方法探测和查明采掘面及采煤面小构造, 并结合构造力学性质、地质资料综合分析预测煤层与瓦斯突出可能性, 是一种切实可行的工作方法。

### 3 采掘巷道超前探测

石门巷道揭煤前, 前方煤层精确距离和煤层内部动力现象一直是矿井开拓及生产调查内容, 由于各种介质本身存在物理力学性质差异, 因此可以通过震波法进行相关内容探测, 确定前方煤层的具体位置并进行煤和瓦斯涌出危险性预报、预测。

#### 3.1 石门前方煤层及构造距离探测

石门前方煤层距离的探测可以采用煤层距离的动态自动修正法进行, 该方法是在掘进面当前位置进行单点、双点探测, 读取前方煤层的相位和幅频特征, 确定煤层距离和围岩速度信息。在掘进面进入下一位置时, 再进行第二次检测, 得到新的相位、幅频特征值。通过2次以上相关特征值的对比、判别, 计算出波场速度、围岩品质、地层衰减吸收等参数的变异特征, 从而确定并解释煤层的前方距离, 误差精度控制可达1%左右。

#### 3.2 超前揭煤钻孔探测

在现有的超前钻孔中可以通过孔内震波检层技术动态确定煤岩体的动力学特征, 采用滑块式贴壁速度传感器进行震波检层, 对煤层围岩的强度进行动力学原位检测, 确定钻孔揭露围岩的纵、横波速度、动弹模、强度、坚固性等。同时可以在该孔内进行煤层内部动力现象监测。

#### 3.3 煤层顺层巷道探测

对于顺层煤巷, 前方构造的出现是一个明显的波阻抗变化面、煤层瓦斯应力造成煤体“密度”变化也是一个震波反射界面, 因此在顺层煤巷中可以直接采用单点探测法进行超前探测。由于煤层是一个低阻抗体, 在利用常规震波(纵、横波)进行超前探测的同时, 还可以进行煤层波(槽波)的发射勘探。在顺层煤巷反射探测中, 对构造位置的定位, 可以不按照波的反射原理, 而采用波的绕射原理进行确定, 直接解释出前方距离。因为从煤层内部来看, 构造是以点、线的特征出现, 而不是以面的特征出现, 绕射特征是其固有的性质。

### 4 工作面内小构造探测

工作面内构造或前方隐伏地质构造对煤厚变化, 特别是侧向变化<sup>[4]</sup>, 以及瓦斯的突出有不同程度的影响。当构造作用造成煤层厚度变薄或使煤层倾角变化时, 在工作面推进过程中常常需要破顶或破底; 构造作用的影响亦造成煤层顶板破碎或引起

冒落, 使顶板管理困难; 在综采面内若出现3 m左右的未知断层, 就有可能迫使采面搬家。因此为了采煤工作面安全高效生产的顺利进行, 利用震波探测技术探测构造与异常可为工作面的安全顺利施工提供技术参数与保障。往往在综采面布置时, 必须查明采面内落差为2~3 m的小断层。

具体来说, 通过双巷对整个工作面进行震波层析或透射可取得较好的构造及异常区带探测效果。有时也可利用共偏移反射波勘探、槽波或瑞雷面波勘探技术沿巷道两帮开展工作, 向工作面内或前方探查构造及异常地带。一般来说, 震波层析解析结果更详细, 可对面内高、低应力异常、瓦斯异常区作出预测。

### 5 工程实例

#### 5.1 采掘巷道前方探查

受到巷道场地条件所限, 对此前方地质因素的探查单、双点探测是一种方便有效的方式, 可取得较为理想的效果。单点探测即反射探测中的自激自收方式, 双点探测为瞬态瑞雷波探测方法<sup>[5]</sup>。图1为潘一矿11521工作面机巷掘进过程中的超前探测时域波形及分析结果, 单点探测解析在13.83 m和37.45 m处为两个异常界面, 后经掘进证实37.8 m处为一断层界面。

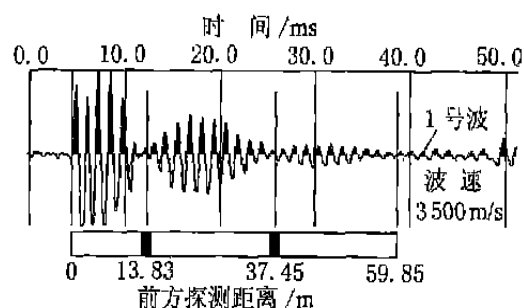


图1 潘一矿11521面机巷切眼超前探测结果

图2为新集一矿进行巷道前方揭煤时双点探测中B<sub>7</sub>点的实测面波波形及解析结果图。其中图2a为实测波形, 图2b为自动解析所得的互相关振幅谱、相位谱及相干函数图, 图2c为频散解释结果的 $V_R-H$ 曲线。从图上可以看出在距离 $H=6$  m处有一拐点, 因此判断该点处前方6 m左右揭煤并请做好瓦斯探放工作。后经停掘打钻验证揭煤距离为6.2 m, 与探测结果基本相符。

淮南孔集矿-530 m水平东一石门掘进面与13

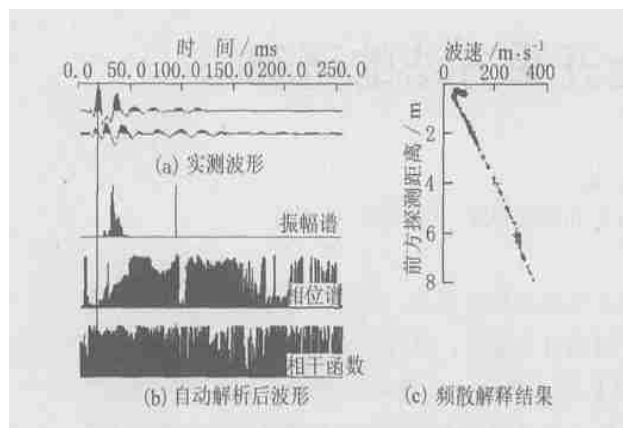


图2 新集一矿揭煤距离探测波形及结果  
煤推算距离为7.2 m, 煤层真厚为4.0 m。在此情况下利用智能探测仪中单点反射探测在掘进头进行了前方构造探测与预报工作, 传感器采用TZBS-100速度传感器, 10磅锤击作震源并获得实测波形数据。在石门围岩波速取值2.9 m/ms时, 分析揭煤距离为7.18 m, 煤层厚度4.49 m, 并预测前方13.5 m可能会有瓦斯涌出现象, 图3为波形记录及解析结果。巷道掘进证实测试结果基本准确。

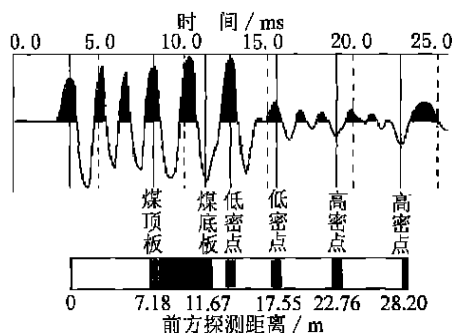


图3 单点超前探测解析

## 5.2 采煤面内探查

新集一矿某采煤面内有一条隐伏的地面三维地震确定的走向逆断层EF30, 其最大落差为8 m, 推测断层在工作面走向延伸约350 m。为了进一步查明其发育情况, 利用智能仪对其进行了巷帮反射共偏移探测与分析。从时域波形剖面图中可见在断层走向上存在两个明显的异常区, 这两个区域的走向连续性较差, 且这个异常区延展长度均较短, 因此分析其断层没有地面物探结果延伸长。

图4为新集二矿1804采煤面层析成像解析结果图, 结合巷道掘进资料对采煤面内小构造及异常

区进行了解释, 其中有4块区域B<sub>3</sub>到B<sub>6</sub>, 在这些区域中波速值较低, 形迹上呈块状分布, 反映煤层为增厚特征。C<sub>2</sub>区域煤层受到断层影响地震波波速值明显增高, 推断可为应力集中区。这些区域将直接影响1804采煤面的回采, 因此提前采取了防护措施。实际回采时, C<sub>2</sub>及B<sub>3</sub>、B<sub>6</sub>瓦斯含量均较采面正常瓦斯值高出许多, 并有局部涌出现象。正因为采前不等距离采取了相应保护方式, 所以有效地保障了安全生产, 致使正常生产免受影响。

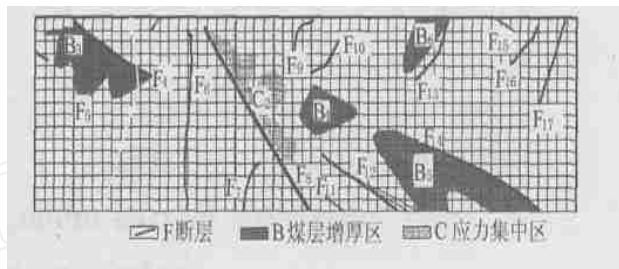


图4 新集二矿1804采煤面层析成像结果

## 6 结 语

矿井构造与瓦斯涌出机理具有相对复杂性, 必须通过大量实验, 获得不同地质条件下的预测技术和方法。通过智能矿井探测仪的应用, 结合单点、双点探测以及工作面内震波层析技术, 可有效地进行巷道和采煤面构造及异常区域探测, 但应综合瓦斯储存运移的各种构造条件、沉积条件, 多方面分析和解释, 提高解析与预测精度。

### 参考文献:

- [1] 刘天放, 李志聃. 矿井地球物理勘探 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1993.
- [2] 刘盛东, 吴军, 张平松. 地下工程震波技术与应用 [J]. 中国煤田地质, 2001 (3).
- [3] 王连成, 高克德, 李大洪, 等. 地质雷达探测掘进工作面前方瓦斯突出构造 [J]. 煤炭科学技术, 1997 (11).
- [4] 韩德馨, 彭苏萍. 我国煤矿高产高效矿井地质保障系统研究回顾与发展构想 [J]. 中国煤炭, 2002 (2).
- [5] 张平松. 浅层地震勘探自动解析系统研究 [D]. 淮南: 淮南工业学院, 2001.

作者简介: 刘盛东 (1962-), 男, 安徽潜山人, 教授, 从事矿井物探教学与科研工作, 中国煤炭学会矿井地质专业委员会秘书长。Tel: 0554-6668707, E-mail: sdiu@aust.edu.cn

收稿日期: 2004-07-08; 责任编辑: 曾康生