

文章编号:1009-0258(2002)01-0045-05

# 地震参数反演及其在岩性解释中的应用

张宝水

(中国矿业大学,江苏 徐州 221008)

**摘要:** 在介绍波动方程储层物性参数地震、测井联合反演技术基本原理的基础上,对煤田地震资料进行了参数反演处理,获得了多参数、高分辨率反演资料。利用该资料对煤层附近岩浆岩侵入范围和薄煤层分布情况进行解释,并对第四系的含、隔水性进行划分,均获得较好效果。

**关键词:** 多参数反演;小波变换;岩性解释

**中图分类号:** P315.61 **文献标识码:** A

随着地震资料解释方法、手段的不断改进和完善,生产部门对资料解释精度的要求也越来越高。为解决这个新的技术难题,各种参数反演技术得到了应用和推广。20世纪90年代以来,波动方程储层物性参数地震、测井联合反演方法在油藏描述方面获得了良好的应用效果。根据射线和褶积模型理论编制的反演软件在煤田地震勘探中亦已得到应用,同样获得了一定的效果。

现有地震资料虽然可以求解相应的波阻抗参数,但其纵向精度不高,主频一般只能达到60~80Hz,且只能分辨厚度大于10m的岩层;各种模拟、数字测井资料虽然具有很高的纵向精度,主频高达500Hz以上,分层能力可达厘米级,但却很难精确预测钻孔间地层的变化情况。如果把这两项技术结合起来,并把它应用于岩性解释,其效果将会更好。

## 1 问题的提出

在煤田采区高分辨率勘探中,部分勘探区地质任务中涉及岩性解释问题,如岩浆岩发育地区侵入体分布范围及煤层变焦程度,第四系内部因地层物性不同而引起的含、隔水性变化,以及煤层顶底板因孔隙度、含水饱和度变化而造成的富水性差异等。这些问题仅靠常规地震剖面与钻孔、测井资料的简单结合,是很难获得理想效果的。

目前已经进入实用阶段的各种反演技术对于解决此类问题有其独到的优势。该方法是把测线上已有的钻探、测井资料 and 解释人员丰富的先验地质知识作为约束条件,同时应用波动方程多参数反演软件对多种物性参数进行综合反演,并通过神经网络分析、聚类模糊识别等手段对反演结果进行综合评判,其解释效果甚佳。

收稿日期:2001-12-18;修订日期:2002-01-25;编辑:游文澄

作者简介:张宝水(1968-),男,山东章丘人,物探高级工程师,主要从事地震资料处理及方法研究。

## 2 地震、测井联合参数反演技术的基本原理

地震勘探反演问题是非线性和不适定的,地震参数反演方法对参加反演的地震资料要求其地震波的真振幅值和子波应是已知的,但生产过程很难满足这一条件。波动方程储层物性参数地震、测井联合反演技术则是利用波动方程反演、小波分析、神经元分析等方法求取地层物性参数,并不需要预先知道地震波的真振幅值和子波等条件。但要获得好的反演效果,仍要充分利用先验地质知识作为辅助信息和约束条件。

地震时间序列  $s(t)$  可以看作反射系数  $r(t)$  和带通子波  $w(t)$  的褶积<sup>[1]</sup>。

$$s(t) = r(t) * w(t) \quad (1)$$

使用小波奇异点分析处理地震波的有限频带,选取适当的小波  $w(t)$  对  $s(t)$  进行小波变换<sup>[2]</sup>,有:

$$Ts(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} s(t) w\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (2)$$

其中  $a, b$  可确定时域、频域内窗口的宽度和位置。

应用二维小波将地震剖面分解成不同频带,在这些频率域中使用中值滤波、多项式拟合平滑及信噪分离等措施后,运用二维小波逆变换重建处理后的剖面。在此基础上,再进行各种技术处理。

使用 Born 近似时反散射反演的基本方程<sup>[2]</sup>为:

$$\tilde{u} = -L_0^{-1} L_1 \bar{u} \quad (3)$$

式中:  $\bar{u}$  为入射波长,  $L_0 \bar{u} = g; g(t, x)$  为震源项;  $\tilde{u}$  为反射波场,可从地表测到;波场函数  $u = \bar{u} + \tilde{u}$ 。

2.5 维(假定二维介质构造、三维点源入射)变背景速度反散射法波动方程反演,用来反演反射层位信息,将其作为参数反演的一个中间结果。经过一系列假设、简化、推导后,应用稳定相分析方法可得到在 2.5 维情况下关于速度摄动量的法向导数的反演公式。

应用非线性最佳拟合波动方程反演和神经元模型分析方法,可求取具有明确物理意义和地质意义的地震波反演参数,如层速度、波阻抗、层介质密度、反射系数等。

使用神经元模型进行储层参数横向预测的步骤如下:

(1) 计算井参数。根据密度、声波时差测井曲线,用射线法模拟出井口地震数据,并输出深度-时间转化后的井参数数据。

(2) 地震资料和井资料的层位对比。使用深度-时间转化后的测井资料完成地震合成记录,将合成记录与井旁地震资料进行对比标定,建立二者之间的联系。使用时只需事先给定 1~2 个主要标志层的深度-时间对作为约束条件,对比标定过程可通过计算机自动完成。

(3) 地震资料特征参数的提取。使用软件提取地震资料的特征参数,包括线性预测参数、功率谱参数,瞬时振幅、瞬时频率、瞬时相位、分维特征等;

(4) 地震参数反演处理和横向预测。经上述处理和计算后,将地震资料参数和井中参数对应起来。首先通过学习算法得到 CUSI 神经元模型输入地震特征参数,然后通过神经

元计算输出储层参数,并完成参数(速度、密度、波阻抗及孔隙度等)横向预测。

### 3 应用实例

#### 3.1 圈定岩浆岩侵入范围

安徽省祁东煤矿区煤系地层含有多层煤,目的层地震反射波发育良好。由于煤层间距较小,在时间剖面上有的表现为多层煤的复合反射波,因受垂向分辨率的限制,故在常规时间剖面上无法将其准确区分。该区深部还见有岩浆岩侵入并吞噬煤系地层,或造成煤层变焦的现象。在岩浆岩侵入地段,煤层的变质程度各不相同,地震反射波特征和在煤层中的传播速度也发生了变化。该区测井资料清楚地反映了这一现象,但时间剖面却无此类信息。

图 1 - (a) 为该矿区一条叠加偏移时间剖面,受纵向分辨能力(主频 60Hz)的限制,只能将剖面大致划分为几个反射波组,而无法将小间距煤层复合反射波区分开来,故难以分辨多个煤层及岩浆岩的侵入范围。

借助测井资料的高频源信息,利用波动方程反演方法对该地震剖面进行反演处理的结果见图 1 - (b)。与输入的原资料相比,反演资料分辨率有明显提高,主频从 60Hz 提高到 200Hz 以上,分辨岩层厚度的能力从 10m ± 提高到 3m ±。从图 1 - (b) 速度反演剖面可以看出,当下部煤层的部分地段表现为高速异常时,与其对应的密度反演剖面则表现为密度异常。因此,根据地震剖面参数的变化可以大致确定岩浆岩侵入范围和煤层变焦的部位。将反演解释结果与巷道揭露资料对比,两者吻合程度较高,准确率 达 70% ±,能够满足精度要求。

#### 3.2 划分第四系含、隔水层

山东济宁许厂煤矿区曾进行过高分辨率地震勘探,获得质量较高的地震资料。在地震时间剖面上,通过对第四系内部浅层反射波的对比,同时利用井旁合成地震记录,可大致进行含、隔水层的划分,但这只是常规地震时间剖面与钻孔资料的简单结合,对沙、泥岩层的详细分布状况和解释精度却无法获

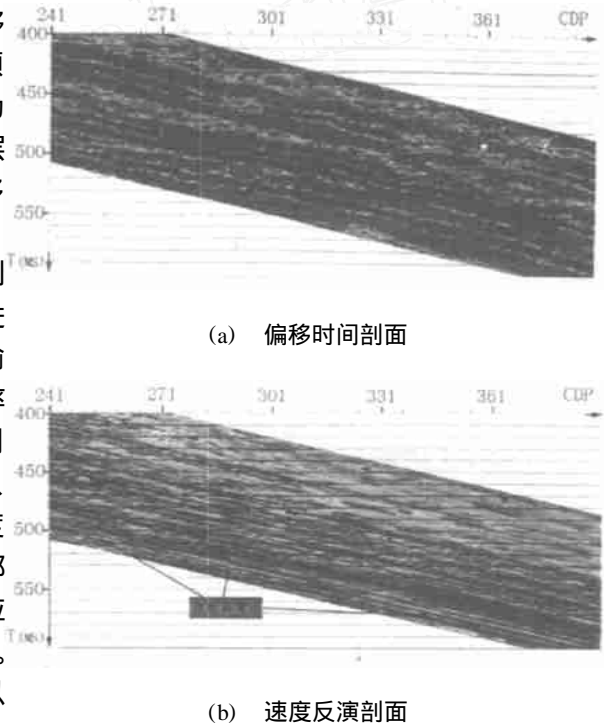


图 1 由速度反演剖面(经参数反演处理)圈定的侵入岩体范围(安徽祁东煤矿区 27 - 2 线)

Fig. 1 Intrusives scope circled by speed conversion profile (conducted by parameters conversion)

得满意效果。

图 2 - (a) 是经过参数反演后得到的速度反演剖面,与常规地震剖面相比,反演资料的纵向分辨率有明显的提高,主频从  $80\text{Hz} \pm$  提高到  $260\text{Hz}$  以上,剖面同相轴在横向空间的变化也更加清晰。联合反演资料提供了速度、密度、波阻抗等物性参数的空间变化情况,据此可进行粘土层、砂层的划分。这里只介绍速度反演剖面一例,实际应用中则是综合利用多种参数反演结果进行资料解释。

图 2 - (b) 是反演资料经综合解释而获得的地质成果剖面,和常规地震资料提供的地质剖面相比,资料的解释精度明显提高。经部分补充勘探资料验证,反演资料解释的准确率达  $75\% \pm$ ,高于常规资料的解释精度。

## 4 结论与建议

波动方程储层物性参数地震、测井联合反演方法在煤田地震勘探资料解释中获得了良好效果:

(1) 应用约束反演得到的速度、密度、波阻抗等多种物性参数,通过

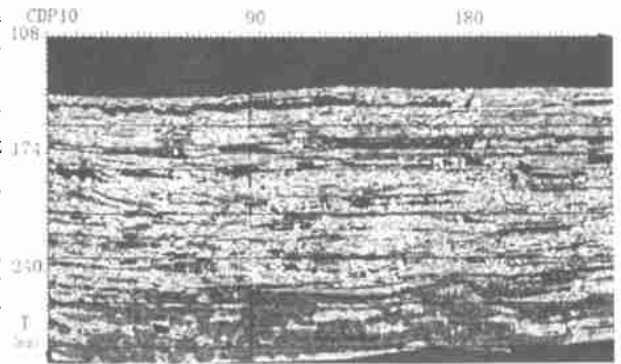
综合解释圈定的祁东煤矿区岩浆岩侵入范围,经巷道资料验证,其解释精度较高、效果较好。

(2) 综合利用多种参数反演剖面对许厂煤矿区第四系内部含、隔水层进行划分,该成果经补充勘探资料验证,其解释精度高于常规方法。

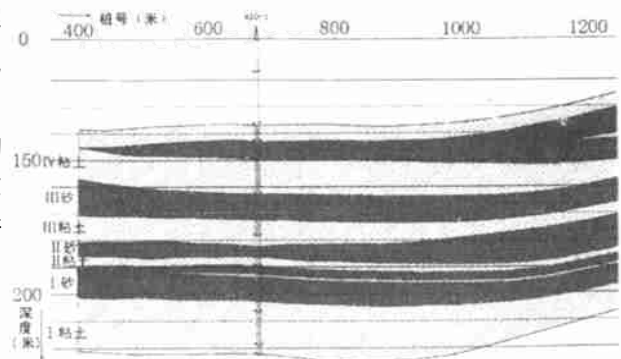
目前煤田勘探中测井资料参数过少,这已成为约束多参数高精度反演的主要障碍。建议在条件允许时尽量多采集一些测井参数,并把地震资料和测井资料结合起来,以获得良好的岩性解释效果。

## 参考文献:

- [1] 崔若飞. 地震资料矿井构造解释方法及其应用[M]. 北京:煤炭工业出版社,1997.
- [2] 范祯祥. 地震波的参数反演[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1994.



(a) 速度反演剖面



(b) 地质成果剖面

图 2 反演资料经综合解释获得的地质成果剖面  
(山东济宁许厂煤矿区 L<sub>4</sub> 线)

Fig. 2 Geological achievements profile gained by comprehensive explanation of conversion information

## Seismic Parameters Conversion and Its Application in Rock Property Explanation

ZHANG Bao - shui

(China Mineralic University , Jiangsu , Xuzhou 221008 , China)

**Abstract :**Basic mechanism of earthquake and logging conversion technology on the basis of reservoir physical parameters gained by wave equation are introduced in this paper. Contrast the result of magmatic rock intruding scope and coke changing part determined by conversion information with multi - parameters and high discernibility with the result gained by roadway information and formal profile explanation , they have a good conformity with each other.

**Key words :**Multi - parameters conversion ; microwave conversion ; rock property explanation

---

(上接第 35 页)

## Characteristics and Evolution of Ore Inclusions in Mofanggou Gold Deposit

WANG Hai - qin , Liang Dong

(Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences , Shandong , Jinan 250013 , China)

**Abstract :**Fluid inclusions of Mofanggou gold deposit are tested and studied. As the result showed , the temperature of fluid inclusion in major ore - forming period is 120 ~ 360 , salinity 0.35 % ~ 20.6 % , pressure  $1.73 \times 10^5 \sim 44.18 \times 10^5 \text{Pa}$  , and denseness  $0.80 \sim 1.09 \text{g/cm}^3$ . It is inferred that the forming depth of this deposit is 500 ~ 1000m , and ore - forming fluid is from magmatic water and hydrothermal water.

**Key words :**Inclusion ; microthermometry ; ore - forming period ; Mofanggou gold deposit