

文章编号:1001-1986(2006)01-0064-03

# Stratimagic 波形地震相分析在层序地层岩性分析中的应用

于红枫<sup>1,2</sup>, 王英民<sup>1,2</sup>, 李雪<sup>3</sup>

(1. 中国石油大学石油天然气成藏机理重点实验室, 北京 102249;

2. 中国石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249;

3. 中国石化胜利油田分公司清河采油厂, 山东 东营 262714)

**摘要:** 应用波阻抗反演以及常规地震属性预测储层时, 在钻井资料较少、储层较薄的情况下多解性较强。Stratimagic 波形地震相分析技术采用神经网络算法对某一层间的地震数据道进行逐道对比分类, 细致刻画地震信号的横向变化, 从而得到与地质相对应的地震相图, 并以此用于储层砂体和地层岩性油藏的预测。以东营凹陷八面河地区滩坝砂体岩性油藏为例, 说明应用该方法进行滩坝砂体和岩性油藏分布预测, 是行之有效的。

**关键词:** Stratimagic 波形地震相; 滩坝砂体; 岩性分析; 八面河地区

**中图分类号:** P631.44    **文献标识码:** A

## Application of stratimagic seismic facies technique to lithologic analysis in sequence stratigraphic framework

YU Hongfeng<sup>1,2</sup>, WANG Yingmin<sup>1,2</sup>, LI Xue<sup>3</sup>

(1. Oil & Gas Migration & Accumulation Laboratory of Petroleum University, Beijing 102249, China;

2. Basin & Reservoir Research Center, University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3. Qinghe Oil-recovery Plant, Shengli Petroleum Exploration Bureau, Dongying 262714, China)

**Abstract:** In the forecast of reservoir lithology with the impedance inversion and conventional seismic attribute techniques, it is very difficult to predict the thin reservoirs veraciously for lack of drilling wells. The Stratimagic waveform analysis technique makes up this shortage of predicting reservoirs with the conventional methods. By taking full advantage of the abundant information in the seismic data, this technique classifies the seismic traces of target layers with the neural network algorithm, describes the horizontal changes of seismic signals, and obtains the maps of seismic facies matching to the geological facies. This technique can be used to predict the distribution of reservoir sand beds and subtle oil reservoirs. Taking the lithologic oil reservoir of Bamianhe oilfield in Dongying depression as a representative example, this paper introduces the application of this technique. Favorable results are achieved by this technique in this area, and several well locations provided by this method produced oil successfully, showing that this technique is effective to predict the reservoir sand beds and the subtle oil reservoirs.

**Key words:** stratimagic seismic facies; beach-bar reservoir; lithologic analysis; Bamianhe oilfield

## 1 引言

我国东部老油区勘探已进入中晚期, 寻找有利的储层是地层岩性油气藏勘探的重要内容。目前多采用波阻抗反演等储层预测方法, 但是在钻井资料较少、储层较薄, 而且横向变化较快的情况下, 仅利用波阻抗反演方法, 往往多解性较强, 很难进行准确预测。此外, 地震属性计算也是寻找储层的有利工具, 但传统地震属性往往丢失了两个基本信息<sup>[1]</sup>, 即地震信号的总体变化以及这种变化的分布规律。因此, 它很难给出井位处地震信号变化的可靠评估, 也就很难进行可靠的信息外推。Stratimagic 波形地震相分析技术可很好地解决上述传统地震属性应用中

存在的问题。其主要成果之一是利用神经网络技术对层段内的地震道反射波形进行分类, 并与测井曲线对比, 得出与地质相对应的地震相图, 从而更详细地探求地震资料的地质解释<sup>[1~3]</sup>。本文以渤海湾盆地东营凹陷八面河地区面 138 井区沙四段 2 砂组滩坝砂体岩性油藏为例, 采用 Stratimagic 波形地震相分析技术, 确定滩坝储层分布范围, 为有利目标钻探提供地质依据。

## 2 八面河地区岩性油藏地质背景

八面河地区处于渤海湾盆地东营凹陷南斜坡东段(图 1), 是一具有多套含油层系、多种油气藏类型的复式油气聚集带。该区南部斜坡带面 138 井区构

收稿日期:2005-04-14

基金项目:国家自然科学基金项目(40272057)资助

作者简介:于红枫(1977—), 男, 黑龙江肇洲人, 中国石油大学在读博士, 主要从事层序地层学方面的研究工作。

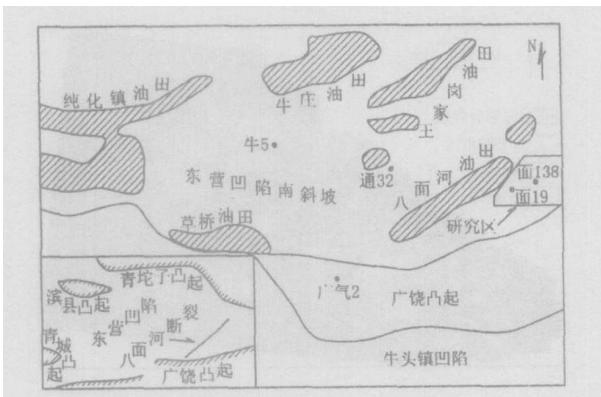


图 1 八面河地区构造位置图

Fig. 1 Structural location of Bamianhe area in Bohai bay basin  
造比较简单,总体上为北东走向倾向北西的单斜构造,进一步寻找断块油藏的潜力不大。

高频层序地层学研究表明,沙四段沉积时期,发生了有明显沉积记录的8次幅度较大的湖平面波动,从而形成了8个4级层序,每个4级层序形成过程中都发生了明显的湖泊扩张和萎缩。在此过程中,沉积了滨浅湖环境的滩坝相砂体。由于沉积相平面分布的差异,在横向产生沉积相变,从而砂岩易于上倾尖灭而形成岩性圈闭。对老井复查发现,位于构造低部的草14井沙四段2砂组中见到了良好的油气显示,并且获得了工业油流;而构造高部位的面138井相应层段砂层明显减薄,说明发育在面138井区的滩坝砂体确实是自构造低部位向高部位尖灭,并且该滩坝砂体可以通过断层、不整合面以及渗透性砂岩等输导体系与油源相接。因此,沙四段滩坝砂体具备油气成藏的基本地质条件。

### 3 八面河地区岩性油藏勘探难点及技术对策

目前该地区岩性油藏勘探存在以下技术难点:

a. 砂体薄,地震分辨率低,不易识别。沙四段岩性油藏储集层主要为滨浅湖相滩坝砂体,单砂层厚度薄,一般小于5.0 m,并且常与泥岩、灰岩互层接触,岩性横向变化快,砂体分布规律比较复杂。受地震纵向分辨率的限制,这种薄互层在常规地震剖面上以常规技术手段很难发现和连续追踪,而且测井约束反演等方法对本区储层预测并不适用,不能很好地对滩坝砂体进行描述和追踪。

b. 地震反射与岩性对应关系的不唯一,不能单一使用强反射特征预测砂体。沙四段滨浅湖沉积虽然是砂泥岩互层,总的特征是砂岩速度高、泥岩速度低,但也不乏高速的钙质泥岩层和致密砂层。但强反射不一定就是渗透性砂岩的反射,甚至有时上覆为高速致密砂岩层、钙质泥岩层时,渗透性砂岩顶

的反射相位是负反射。

针对上述岩性油藏勘探的技术难点,应用Stratimagic 波形地震相分析方法,用迭前反褶积和偏移后分频处理等手段,对三维地震资料进行连片处理以提高分辨率。在此基础上,进行层位及储层精细标定,对已知井旁道目的层段反射波进行统计归类,建立不同反射波与储层的沉积微相、渗透砂岩发育程度及含油性等的对应关系,确定储层发育分布范围,为有利目标钻探提供地质依据。

## 4 Stratimagic 波形地震相分析技术的应用

### 4.1 分析技术的基本原理

Stratimagic 波形地震相分析技术原理<sup>[1,4,5]</sup>,是利用地震道波形特征对某一层间内地震数据道进行逐道对比,细致刻画地震信号的横向变化,从而得到地震异常体平面分布规律。其技术方法是基于神经网络技术。神经网络技术是在地震反射层段内对地震道进行训练,通过多次迭代之后,构造合成地震道,然后与实际地震数据进行对比,再通过自适应试验和误差处理,合成道在每次迭代后被改变,在模型道和实际地震道之间寻找更好的相关性。其特点是在某一目的层段内估算地震信号的可变性,利用神经网络算法对地震道波形进行分类,并把这种分类形成离散的“地震相”,再根据“拟合度”准则对实际地震道进行对比、分类,细致刻画出地震信号的横向变化,得出地震波形分类平面分布图。最后与测井曲线对比,对地震资料做出综合性的地质解释,进行储层预测和含油性判别。

Stratimagic 波形地震相分析一般分两步实施<sup>[1,4,5]</sup>:首先,利用神经网络对地震层段间地震道形状进行分析,建立一个最能表征层段内地震道形状差异的模型道序列(图2);其次,在实施层段中对每一地震道与模型道序列进行比较,并按最佳相关建立地震道和模型道之间的联系,得到标明模型相似性的空间分布,即地震相(图3),并为后续地震层间属性分析指明方向。

### 4.2 波形地震相与岩性的关系

八面河地区产层段是沙四段2砂组,在地震剖面上准确的寻找该层段的地震反射是建立波形地震相与岩性关系的基础。

T6 反射层在该区是沙三段底界的泥岩和油页岩的反映。该界面在全区为稳定的连续反射,特征明显,易于识别。因此 在研究中以 T6 反射层作为参考层位,以 2 ms 间距向下做了一系列的沿层切片,直至沙四段 2 砂组的底界,建立了 T6 反射层与

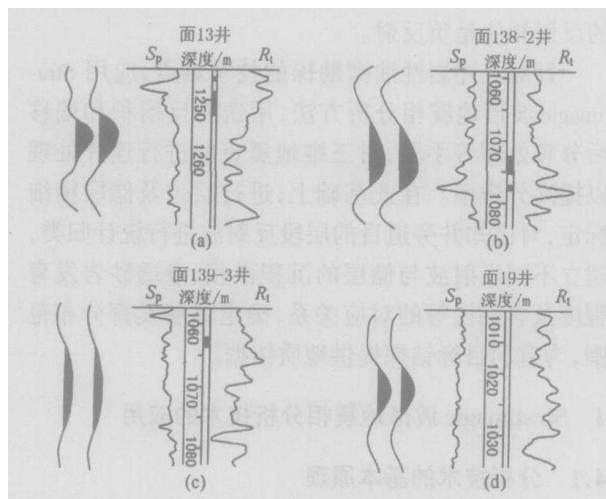


图 2 面 138 井区沙四段 2 砂组地震波形分类图

Fig. 2 Classification of seismic waveforms of 2 sand beds in member 4 of Shahejie Formation in Mian138 well block

a——中、强振幅上旋反射波;b——中、强振幅下旋反射波;  
c——弱振幅扁平反射波;d——强振幅钟形反射波

沙四段 2 砂组底界之间的切片体。

根据井旁地震道反射波形统计结果,将目的层段地震反射所对应的波形分为 4 类,依次进行储层砂体的波形标定和分类。

**a.** 中、强振幅上旋反射波(波峰靠上) 钻井岩性序列表现为泥岩与细砂岩构成反旋回,砂岩比较发育,主要集中在中上部,单层厚度大,一般最大厚度大于 5.0 m,渗透性砂岩质量分数大于 40%,主要反映滨浅湖坝砂的反射波形特征(图 2a)。

**b.** 中振幅下旋反射波(波峰靠下) 钻井岩性序列表现为泥岩与细砂岩构成正旋回,砂岩发育集中在中下部,单层厚度较小,一般最大厚度 2~5.0 m,渗透性砂岩质量分数在 25%~40% 之间,主要反映滨浅湖滩砂的反射波形特征(图 2b)。

**c.** 弱振幅扁平状反射波 钻井岩性序列表现为泥岩与砂岩薄互层,单层厚度小,一般最大厚度小于 2.0 m,渗透性砂岩质量分数为 10%~20%,主要反映滨浅湖砂泥混合滩和泥滩的反射波形特征(图 2c)。

**d.** 强振幅钟形反射波(波峰靠近中部) 钻井岩性序列表现为以泥岩为主,砂岩单层厚度小,一般最大厚度小于 2.0 m,渗透性砂岩质量分数小于 10%,主要反映滨浅湖泥滩的反射波形特征(图 2d)。

钻井岩性统计结果表明,第一种反射波形对应的储层砂岩发育,储层物性好,且含油的可能性较大,称其为 I 类波形;第二和第三种反射波形对应的储层比较发育含油的可能性次之,称其为 II 类波形;第四种反射波形对应的储层不发育,含油的可能性较小,称其为 III 类波形。

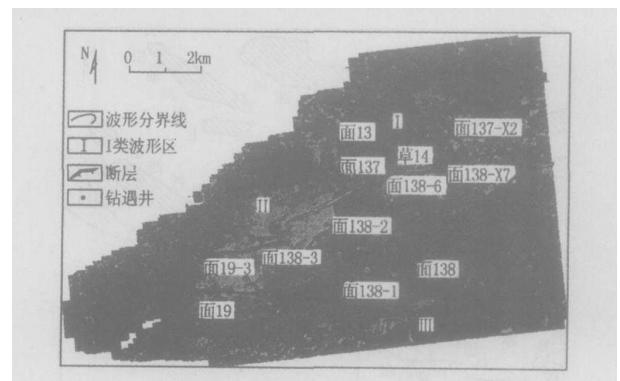


图 3 面 138 井区沙四段 2 砂组波形地震相分区图

Fig. 3 The seismic facies of 2 sand beds in member 4 of Shahejie Formation in Mian138 well block

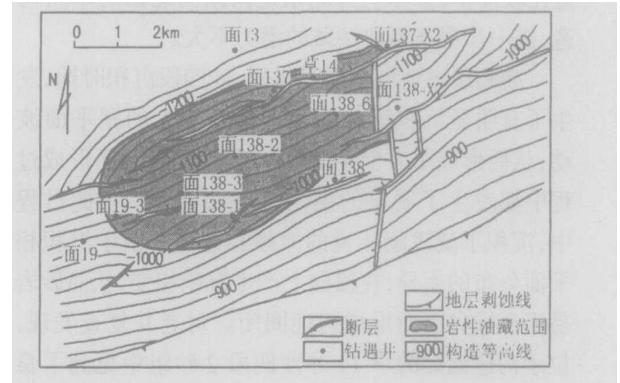


图 4 面 138 井区沙四段 2 砂组岩性油藏分布图

Fig. 4 Distribution of lithologic oil reservoirs of 2 sand beds in member 4 of Shahejie Formation in Mian138 well block

#### 4.3 Stratimagic 波形地震相平面分类

在对已钻井进行地震剖面波形分类的基础上,针对目的层段应用 Stratimagic 波形分类方法研究波形地震相平面分布,旨在最终建立砂体的平面展布。

从波形地震相图(图 3)来看,沿面 137-X2~面 137~面 138-1 一线有 1 个北东向展布的 I 类波形区,结合钻井信息发现,这些井所钻沙四段 2 砂组地层中砂岩发育,储层物性好,且含油性也好。面 138-2~面 138-3~面 19-3 井区则位于 II 类波形区,此区砂岩相对较发育,含油性次之。而面 19 和面 138 井则位于 III 类波形区,此区砂岩不发育。

#### 4.4 应用效果分析

根据 Stratimagic 波形地震相预测滩坝储集层结果(图 3),对面 138 井区进行了地质综合研究。在面 138 井区实施钻探了面 138-3、面 138-6 和面 138-X7 等井,除面 138-X7 井区外,面 138-3 和面 138-6 等井均成功钻遇油层,揭示了该区纵向上多套砂体叠置含油,横向上叠合连片,是一个具有千万 t 级储量的岩性油藏区(图 4),为该区增储上产提供了新的储量接替区块。

文章编号:1001-1986(2006)01-0067-03

# 煤矿采空区探测效果研究

杨建军<sup>1,4</sup>, 吴汉宁<sup>1</sup>, 冯兵<sup>2</sup>, 陶虎生<sup>3</sup>

(1. 西北大学地质系, 陕西 西安 710069; 2. 长安大学地测学院, 陕西 西安 710054;

3. 陕西国土资源规划与评审中心, 陕西 西安 710054; 4. 陕西省国土资源厅, 陕西 西安 710082)

**摘要:**通过对煤矿采空区“三带”的分析,解释了其物性变化特点及探测效果分析,并以实例证实了其复杂性和多变性,给出了几点有益的结论。

**关键词:**采空区;地球物理特点;探测效果;瞬变电磁法

**中图分类号:**P631.34    **文献标识码:**A

## Research on prospecting effect for gob area of coal mines

YANG Jian-jun<sup>1,4</sup>, WU Han-ning<sup>1</sup>, FENG Bing<sup>2</sup>, TAO Hu-sheng<sup>3</sup>

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China;

2. College of Geological Engineering and Geomatics of Chang'an University, Xi'an 710054, China;

3. Shaanxi Provincial Centre of Planning and Approving of Land and Resource, Xi'an 710054, China;

4. Shaanxi Provincial Department of Land and Resources, Xi'an 710082, China)

**Abstract:** This paper provided the geophysical model and the variability of physical character over the gob area by coal excavated caves' analysis. Through some examples, the geophysical model's validity was testified. And the combinations of the effective method about the gob areas' exploration were brought forward in the end.

**Key words:** gob area; geophysical model; prospecting effect; transient electromagnetic method (TEM)

## 1 引言<sup>[1]</sup>

对煤矿采后形成的采空区的探测,不仅对煤矿建设、安全开采、储量计算等,有着重要的意义,而且随着国家经济建设的发展,基础设施建设,如主干公路、高速公路、铁路等,在穿过煤田采空区时,由于煤矿地下开采活动及采空区范围的不确定性,影响着基础设施的建设及安全,因此有必要对如何认识及探测采空区等问题进行较深入的研究。

目前探测采空区或空洞主要有直流电法类,电

磁法类,人工地震类及声波、重力、射气等方法。电磁法及直流电法类,因其方法的有效性,目前国内采空区探测多以此为主。

## 2 采空区类型及地球物理特性

我国煤田采空区及小煤窑采深大多集中在50~200 m,采厚多为1~4 m。一般而言,在采深比为1:20到1:50时,由老窑采空区引起的地球物理异常非常弱,探测的效果也较差,故而有必要研究采空区的类型及其引起的各种物性变化情况,达到探测的

收稿日期:2005-06-29

作者简介:杨建军(1962—),男,陕西蒲城人,西北大学地质系博士生,高级工程师,从事地球物理勘探及地壳稳定性研究。

## 5 结束语

Stratimagic 波形地震相分析技术是一种有效地将地质知识应用于地震解释中的工具,它提供了一种快速从三维地震数据中获得地质信息的能力。对于像八面河地区这样的滩坝砂体岩性油藏,通过老三维地震资料的重新连片处理,正确构建岩性油藏的成藏模式,应用 Stratimagic 波形地震相分析方法进行砂体和岩性油藏分布的预测是行之有效的。值得注意的是,Stratimagic 波形分类方法适用于地震资料品质好且构造相对比较简单的地区,而对于复杂

含油气断块,在应用此方法时,须注意地震资料的保幅目标处理,以取得较好的预测效果。

## 参考文献

- [1] 颜琰. 地震地层解释系统开发研究[J]. 物探化探计算技术, 2000, 22(1): 40—47.
- [2] Posamentier H W, Suyenaga W. Stratigraphic analysis of the main member of the Upper Cibulan Formation at E. Field, offshore North west Java, Indonesia[J]. 26th ANNU INDON PETROL ASS CONV, 1998, 1—129.
- [3] Senechal P, Perroud H. Interpretation of reflection attributes in a 3-d GRP (ground-penetrating radar) survey at Vallee D'ossau, Western Pyrenees, France[J]. Geophysics, 2000, 65(5): 1435—1445.
- [4] 中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司. 储层预测技术及应用实例[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000. 43—56.
- [5] 信荃麟, 刘泽容. 复杂油气勘探技术国际学术研讨会论文集[C]. 山东东营: 石油大学出版社, 1998. 91—95.