

测井约束反演技术在浊积岩 油藏勘探中的应用*

吕义军¹, 王萍², 李虎山², 王岩²

(1. 胜利油田井下作业公司, 山东 东营 257077; 2. 胜利油田现河采油厂地质研究所, 山东 东营 257077)

摘要: 东营凹陷是一个中生代陆相断陷盆地, 沙三段属于湖盆的深陷期, 该区油气资源丰富, 主力储集层为沙三中浊积砂体。研究的主要勘探对象是沙三段以浊积砂为主的岩性油藏。由于该区储集层是以沙三中三角洲前缘相沉积的浊积砂体为主, 砂体在横向上变化较大, 利用常规地震资料进行砂体追踪和描述有一定困难, 因而在本工区开展了测井约束反演技术方法研究, 以提高储层分辨率, 效果明显。

关键词: 储集层; 岩性油藏; 测井约束反演

中图分类号: TE122.2⁺3

文献标识码: B

0 前言

东营凹陷是一个中生代陆相断陷盆地, 东邻鲁东隆起, 北邻陈家庄凸起, 南邻广饶凸起, 形成三隆一凹的格局。沙三段属于湖盆的深陷期, 此时水位上升, 周边凸起提供丰富物源, 水流携带大量风化剥蚀物从周边进入凹陷区, 其中尤其以东部水系为主, 水动力条件强, 鲁东隆起物源丰富, 因此, 三角洲推进速度快、沉降速率高、坡度陡, 在湖水面上升降和自身重力作用下, 导致三角洲前缘砂体多次滑塌, 形成浊流顺坡而下, 或呈透镜体堆积在前缘斜坡的中下方, 或被带到三角洲前方, 在底积层中充填坑凹。在凹陷内部形成较大规模和范围的近东西向展布的浊积体发育区(图 1)。

由于该区储集层是以沙三中三角洲前缘相沉积的浊积砂体为主, 储层分布变化快, 储层厚度变化大, 一般在 3~20m 之间, 储层埋深 2800~3200m, 常规地震资料分辨率低, 主频一般在 20~35Hz 之间, 一般只能分辨 10m 以上储层, 而沙三中储层主要表现为沙泥岩薄互层, 利用常规地震资料进行砂体追踪和描述有一定困难, 出现储层时有时无、忽厚忽薄变化无常的现象, 给勘探开发生产带来困难, 因而在本文主要讨论测井约束反演技术方法的

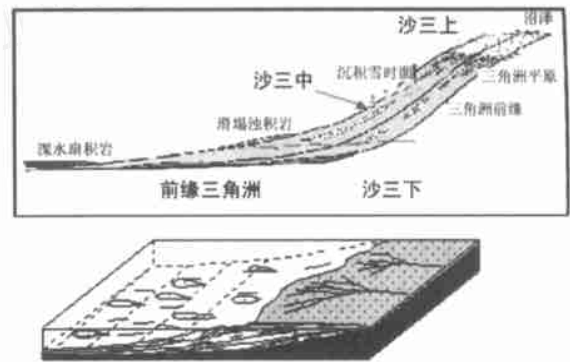


图 1 三角洲前缘斜坡沉积示意图

合理应用, 以提高纵横向分辨率, 达到理想效果。

1 测井约束反演方法

地震反演是利用地震资料, 以已知的地质规律、钻井和测井资料为约束, 对地下岩层结构、物性进行求解的过程。地震波阻抗反演具有明确的物理意义, 是储层岩性预测、油藏描述的确定性方法。

测井约束反演技术是一种基于模型的, 利用相邻地震道相关特征的绝对波阻抗反演技术。它把测井资料详细的垂向分辨率与地震资料在横向上的密集地震反射信息进行结合, 用测井资料丰富的高频信息和完整的低频信息来弥补地震中频带宽

*收稿日期: 2003-06-07; 修订日期: 2003-07-10; 编辑: 孟舞平

作者简介: 吕义军(1970-), 男, 山东栖霞人, 工程师, 主要从事油气勘探工作。

的不足,进行反演信号重构,再用已知的地质信息、地层模型作为约束条件,反演出高分辨率的绝对波阻抗地层资料,为储层的深度、厚度、物性等精细描述提供可靠的依据^[1]。

JASON 反演软件系统功能比较齐全,目前应用比较成熟的方法主要有约束稀疏脉冲反演和模型约束反演,这两种方法各有优缺点,但目前反演主要停留在两种方法独立使用的基础上,更多的是采用约束稀疏脉冲反演方法,该方法分辨率较低。充分利用两者的优点,将两种方法结合,是反演的有效途径,可取得良好的反演效果。

1.1 约束稀疏脉冲反演

约束稀疏脉冲反演,认为地震反射系数是由一系列大的地震反射系数叠加在高斯分布的小反射系数的背景上构成,大的反射系数相当于不整合界面或主要的岩性界面。它的目的是为了要寻找一个使目标函数最小的脉冲数目,然后得到波阻抗数据。其目标函数可以表示为:

$$OBJF = \sum_i^p |r_i| + \sum_i^q (d_i - S)^q + \sum_i^2 (t_i - Z_i)^2$$

式中,OBJF 为目标函数; r_i 为反射系数; d_i 为地震匹配系数; d_i 为地震数据; S_i 为合成地震数据; t_i 为趋势匹配系数; t_i 为用户定义的趋势; Z_i 为用户定义的控制范围内的阻抗值;缺省 $p=1$; $q=2$ 。这里第一项为反射系数绝对值的和,第二项为地震数据道与合成记录道之差,第三项为阻抗趋势之差的平方总和。

在叠代运算过程中,首先使用较少的脉冲个数,产生一个初始模型,然后修改该模型,使目标函数达到最小。在此基础上,不断增加脉冲个数,重复进行叠代,一直得到满意的反演结果才终止叠代,然后输出反演结果。

约束稀疏脉冲反演方法的特点:

优点:在反演过程中,一般遵循忠实于地震资料的原则,因此该反演方法所得到的结果比较符合实际地质情况。

缺点:由于这种方法是直接从地震数据中提取反射信息,因此反演结果将受到地震的噪声、振幅保持、带限的影响,反演结果分辨率较低,只能达到地震最大分辨率的限度。

1.2 模型约束反演

模型约束反演是指在地震资料解释的基础上,

利用测井资料,从井点出发进行内插外推建立反演初始波阻抗模型。然后将初步反演波阻抗模型的合成记录与地震记录相比较,如果两者不吻合,不断改进模型参数,反复迭代计算,直至模型的合成记录最佳逼近于实际地震记录为止。此时的波阻抗模型便是反演结果。

模型约束反演的基本特点:

优点:以测井资料丰富的高频信息和完整的低频成分补充地震资料有限带宽的不足。该反演方法其横向分辨率取决于对地震资料解释的精细程度,其纵向分辨率取决于测井资料和模型的采样率,该反演方法的分辨率比较高。该方法因为更多地利用了地震解释成果和测井资料的纵向分辨率,所以对薄互层砂体的识别具有明显的优势。

缺点:容易产生多解性。

1.3 综合应用两种反演方法

JASON 反演软件系统功能比较齐全,在地震子波提取、测井约束控制等参数的设置方面非常灵活,具有较强的适应性。该软件不仅包含约束稀疏脉冲反演和模型约束反演两种方法,而且还提供了将以上两种反演方法有机结合的功能,使用户得到既可靠又有较高分辨率的反演结果。

2 应用实例及效果分析

牛庄洼陷的勘探工作始于 20 世纪 60 年代,历经 40 年的勘探开发,勘探难度日益增大,是典型的中高压低渗岩性油藏。位于该洼陷西北部的牛 871 地区,1985 年至 1993 年相继完钻探井 8 口,虽然储层发育,但油气显示不一,时有时无。油藏控制因素及油气聚集规律不清。通过对该区地层沉积规律、油气藏聚集成藏及富集规律进行研究,结合高分辨率三维地震资料进行地震相分析,认为该区沙河街组第三段中、下部储层发育,分别对应两大沉积体系:即来自东部东营三角洲沉积体系和南部远岸深水浊积扇沉积体系。而且该区北部受牛 27—牛 87 北倾断层切割遮挡,该断层近 NE—SW 向延伸,对油气的封堵和压力释放起到了重要的作用,油藏类型主要为岩性油藏和构造岩性油藏,要寻找

袁兴斌,陈耀,三维资料多井约束反演处理及综合解释,2003。

有利的油气藏,主要问题在于提高地震资料分辨率,进行精细储层预测。

根据该区沉积特征(图1),建立高分辨率等时地层框架模型,依据等时地层划分原则将沙三中三角洲的发育过程划分为6个期次,7个控制界面,有效地控制了三角洲的形态。同时对全区进行非常精细的构造解释,形成地震模型(图2),经过有效运算,建立准确的波阻抗地质模型(图3)。

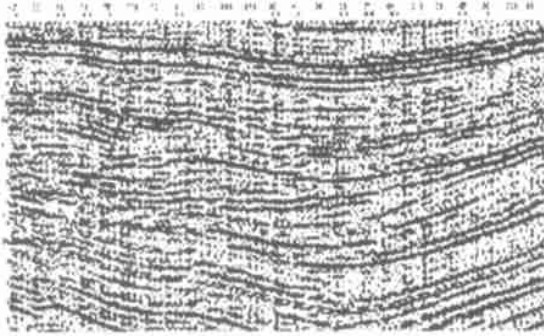


图2 地震模型的建立

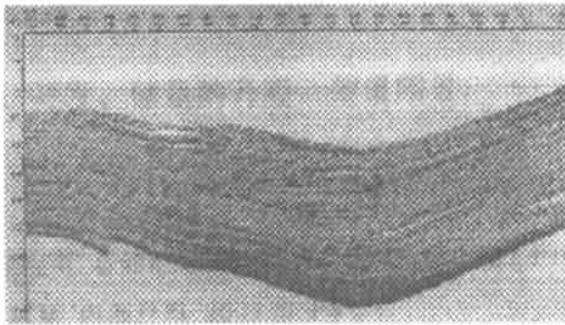


图3 波阻抗模型

为了解决该区沙泥岩薄互层描述难的问题,有效提高该区储层分辨率,采用约束稀疏脉冲反演和模型约束反演相结合的方法(图4),应用约束稀疏脉冲反演获得地震数据有效频带信息,从模型约束反演结果中获取高频信息,使反演结果具有较高分辨率和较强的可靠性,充分利用两者的优点,将两种方法结合,达到了预期的效果。

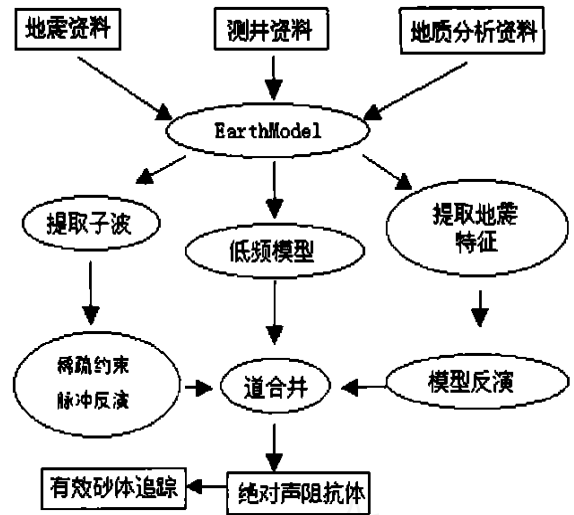


图4 反演流程图

测井约束反演技术的灵活应用,综合约束稀疏脉冲反演和模型约束反演两种反演方法的优点,有效地提高了储层分辨率,图5为王69—牛84井反演波阻抗剖面,油层厚度最厚为13.4m,最薄为4.2m,储层波阻抗界面清晰可见,为储层预测提供了可靠的资料,目前,该资料得到了充分利用,广泛应用于勘探、开发、储量的升级,效果明显。



图5 王69—牛84井反演波阻抗剖面

参考文献:

[1] 王新征,王萍,王斜. 王斜119地区沙四段储层预测方法及应用[J]. 石油地球物理勘探,2002,37(2):187.

(下转第50页)

Classification , Contrast and Sedimentary of Taleogene Period Dongying Formation in East Slope of Chengdao Oil Field in Bohai Sea

YANG Peng - fei¹ ,ZHANG Lei¹ ,LI Da - wei² ,LI De - sheng²

(1. Shengli Petroleum Administration Bureau , Shandong Dongying 257237 , China ;2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development , CNPC , Beijing 100083 , China)

Abstract :Chengdao oil field is the first large - type oil field in shallow sea - super - shallow sea in China. Oil strata developed very well in Taleogene period Dongying formation in east slope of this oil field , but sedimentary environment varied greatly , which caused effect to strata contrast and sedimentary characteristics analysis correctly. Applying logging and three dimensional seismic information , Dongying formation is classified and contrasted , and using chronostratigraphic contrast method and lithostratigraphic correlation method , contrast framework of east slope in Dongying formation is set up , and 2 sets of sedimentary system are distinguished vertically. Lower part of Dongying formation is shallow - semi - deep submerged fan system , which provide important geological basis for further exploration in this area.

Key words : Chengdao oil field ; sequence ; stratigraphic correlation ; sedimentary characteristics ; Taleogene period ; Dongying formation ; Shandong province ; Bohai sea

(上接第 46 页)

Application of Logging Constrained Inversion Technology in Oil Deposit Exploration in Turbidite

LU Yi - jun¹ , WANG Ping² , LI Hu - shan² , WANG Yan²

(1. Underground Exploration Company of Shengli Oil Field , Shandong Dongying 257077 , China ;2. Geological Institute of Xianhe Oil Exploration Company in Shengli Oil Field , Shandong Dongying 257077 , China)

Abstract :Dongying depression is a Mesozoic - cenozoic continental facies fault basin. Third section of Shahejie formation belongs to deep - depression period of lake basin. Oil and gas resources are rich in this area. Turbidite in third section of Shahejie formation is major reservoir. Major exploration object is lithologic oil pool in third section of Shahejie formation. Turbidite sedimented in delta front in third section of Shahejie formation is major reservoir in this area , and sand body varied greatly vertically. If using normal seismic information , it is very difficult to trace and describe sand body. Thus , study on logging constrained inversion technology is carried out in this area , which has promoted reservoir discernibility and gained an evident effect.

Key words :Reservoir ; lithologic oil pool ; logging constrained inversion