## GA 地区上三叠统须家河组气藏勘探

郭海洋1,2,刘树根1,王玉雪2

(1. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室,成都 610059;

2. 四川石油管理局 地球物理勘探公司,成都 610212)

摘 要: 四川盆地上三叠统须家河组是四川油气勘探的接替层位, 具有巨大的勘探潜力, GA 地区是川中勘探的重点区块, 气藏类型为一构造岩性复合型气藏。利用高分辨率层序地层学技术与地球物理储层反演技术相结合的方法, 研究 GA 地区上三叠统须家河组储层发育规律。结果发现: 须四段气藏有利储层主要在 GA 区块的西部, 须六段气藏主要发育在其主体构造部位。

关键词: GA 地区: 岩性气藏: 高分辨率层序地层: 储层反演

中图分类号: P618.130.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2008)02-0153-04

## 0 引言

随着油气勘探的不断深入,世界范围内的未勘探区块所剩不多,常规油气藏大多已经被发现,而能源的需求却不断增大。这一难题迫使油气勘探向非常规油气藏进军[1]。

近几年,在中国石油天然气有限公司组织的《岩性地层油气藏地质理论与勘探技术》重大科技攻关项目的推动下,中国的岩性油气藏勘探取得了长足的进步,形成了一系列技术<sup>[2]</sup>。其中,层序地层学和地震储层预测技术是岩性地层油气藏勘探研究的两项核心技术。本文将在高分辨率层序地层学分析基础之上,结合地球物理勘探技术,在层序地层的控制下,对川中GA地区上三叠统须家河组构造—岩性复合气藏进行研究。

## 1 地质概况

GA 地区地震详查二维地震工区位于四川盆地中部,面积共计  $5~100~{\rm km}^2$ 。

研究目的层为一套河湖相地层。根据岩性特征 可将须家河组划分为6个岩性段,自下而上依次为 须一段至须六段。其中的一、三、五段为湖相泥岩沉 积,以泥岩、页岩为主夹薄层粉砂岩、碳质页岩和煤线;而二、四、六段则以灰色-灰白色砂岩为主,夹薄层泥岩,是主要的储层发育段。气藏具有烃源条件较好<sup>[3]</sup>、纵向上多套砂体相互叠置<sup>[3]</sup>、存在直接盖层,以及气藏的发育主要受储层空隙发育程度的控制<sup>4]</sup>等岩性油气藏特征。

## 2 层序划分及成藏组合分析

#### .1 层序划分

结合岩心资料,利用测井曲线首先进行测井层序地层划分。然后利用人工合成地震记录进行井震交互对比,把测井层位引用到地震剖面上来(本区地层很平缓,在地震剖面上很难识别层序界面)。最后在地震剖面上追踪层序界面,建立等时地层格架。

根据测井层序分析原则,选取重点井 GA13 井和 GA5 井进行测井层序地层分析。由于岩石的粒度、分选性及泥质含量与岩石的电阻率、天然放射性、自然电位有良好的对应性,所以测井曲线随深度的变化便可以反映岩性,进而依据沉积的旋回性划分层序界面<sup>[5]</sup>。

本次层序划分以自然伽马为主、自然电位为辅, 把 GA 地区须家河组分为 4 个长期基准面旋回, 分 别为 M SC1, M SC2, M SC3, M SC4(图 1)。

收稿日期: 2007-10-09; 改回日期: 2008-01-03

由于 GA 地区处于川中平缓褶皱区,加之为河流相沉积,地震反射同相轴多为平行或亚平行,难以在剖面上直接识别上超、下超、屑截等地震反射终止方式(图 2)。所以,通过合成地震记录与地震剖面交互对比,把测井层序上的4个长期基准面旋回准确地标定在地震剖面上(图 2)。

从图 1、图 2 可以发现, MSC1 旋回位于须家河组底部,其底界为须一段泥岩与下 伏海相碳酸盐岩的分界面,为 一区域不整合面,在测井曲线 上表现为岩性突变界面。而 在地震剖面上较难识别出来, 与 MSC2 旋回的底界面基本 重合。

MSC2 旋回位于须家河组中下部,大致相当于岩石地层单元的须二段和须三段。底界为须二段底部的河道冲刷面,其上隐约可见上超现象。其上升半旋回表现为弱反射地震相,代表较低的可容纳空间形成的辫状河三角洲河道砂体。在基准面下降半

旋回,随着可容纳空间的增加,水体加深,地震反射特征表现为较连续的强振幅(图2)。

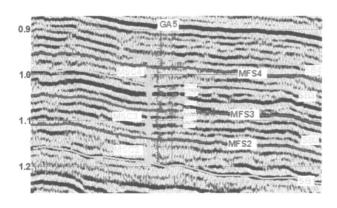


图 须家河组井- 震层序对比

Fig. 2 A Seismic sequential comparison in well drilled in Xujiahe formation

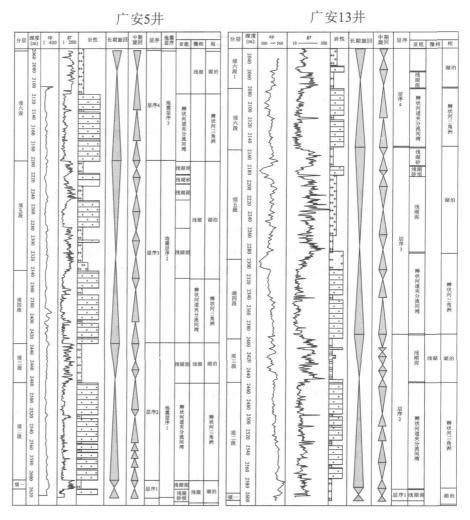


图 1 典型井基准面旋回对比

Fig. 1 Cycle comparison of datum in typical well

MSC3 旋回位于须家河组中部,相当于岩石地层单元的须四段和须五段。其地震反射特征与MSC2 旋回基本相似,只是旋回呈对称性,上升半旋回比 MSC2 上升半旋回要薄。同时,根据地震剖面的分辨率,在 MSC3 中识别出了 6 个中期基准面旋回(图 2),分别为 MSC31、MSC32、MSC33、MSC34、MSC35、MSC36。虽然借助测井高分辨率层序地层能将它们在井点位置识别出来<sup>[6]</sup>,但若进行全区追踪对比将十分困难。

M SC4 旋回位于须家河组顶部。在该旋回内, 基准面由上升到下降的转换位置的自然伽马呈突变 接触(图 1), 地震剖面上表现为强振幅, 较连续反射 (图 2)。代表水体在此突然加深。

#### . 层序约束下的成藏组合分析

根据层序地层分析, 研究区发育 3 个最大洪泛面: M SF 2、M F S3、M F S4。分别相当于岩石地层单元的须三段、须五段、须六段的上亚段, 代表本区稳定的烃源岩区域性盖层发育时期。在其控制下, 可把本区划分为 3 套成藏组合。须二段至须三段为下部成藏组合, 须四段至须五段为中部成藏组合, 须六段为上部成藏组合。各成藏组合内气藏主要富集在最大洪泛面下的低位体系域中, 如上部成藏组合的气藏主要位于须六段的下亚段, 中部成藏组合位于须四段。这与"在层序界面附近常常发育岩性油气藏、在最大洪泛面附近容易形成岩性上倾尖灭油气藏和透镜体油气藏"[1] 的认识是一致的。

## 3 层序约束下的地震储层反演

根据成藏组合分析,在层序约束下,根据本区地质特点,选取基于模型的宽带约束反演波阻抗,其基本原理是:寻找一个最佳的地球物理模型,使得该模型的响应与观测数据(地震道)的残差在最小二乘意义下达到最小<sup>[7]</sup>。它是严格意义上的非线性反演,在反演过程中,受地质、测井先验知识的约束。其算法是全局寻优的快速反演算法(模拟退火和宽

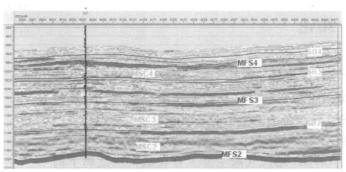


图 3 过 GA5 井波阻抗反演剖面

Fig. 3 Inversion profile of wave impetance through well GA5

带约束反演),通过对模型进行反复迭代修正,得到高分辨率的拟声波阻抗模型(图3)。

利用伽马反演,剔除泥质影响,建立孔隙度与储层阻抗的关系。其原理是:采用神经网络技术和多种统计公式,建立井的波阻抗与自然伽马、孔隙度等测井结果之间的非线性关系<sup>[7]</sup>。用地震反演的波阻抗作为网络输入,用神经网络实现波阻抗到储层参数之间的非线性映射。其反演结果如图 4。图 4(左)中的 MSC3 气藏主要发育在层序的上升半旋回中,相当于须四段地层。储层主要发育在 GA5井—GA13 井区。指导了 GA II 号区块的三维地震部署与勘探。图 4(右)反映了 MSC4 层序的上升半旋回的储能系数。储层主要发育在主题构造部位。指导了 GA I 号二维地震详查的勘探部署。

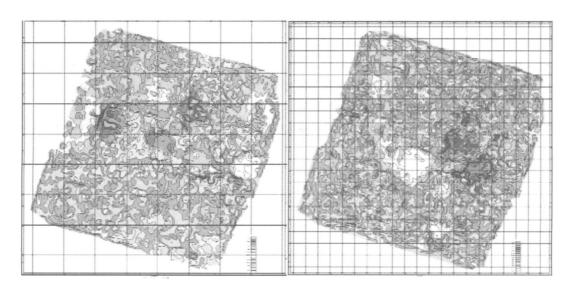


图 4 储层有利发育区平面图

Fig. 4 Plan of favorable area for oil reservoir development 左图: MSC3 上升半旋回储能系数 右图: MSC4 上升半旋回储能系数

### 4 结论

- (1)应用高分辨率层序地层学原理,把GA地区须家河组划分了4个长期基准面旋回,其中,旋回MFS3又细分为6个中期基准面旋回。分别相当于经典层序地层学的三级层序和四级层序。
- (2) GA 地区气藏主要发育在最大洪泛面下的 基准面上升半旋回中。应用此观点发现了 3 个气 藏: 须二段、须四段、须六段气藏。
- (3) 指导了 GA I 号区块的二维加密地震勘探部署和 GA II 号区块的三维地震勘探部署。
- (4) 利用层序地层学与地震储层反演相结合的 方法在本区能有效地识别岩性油气藏的分布。

#### 参考文献:

- [1] 李明, 侯年华, 邹才能, 等. 岩性地层油气藏地球物理勘探技术与应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005.
- [2] 贾承造,赵文智,邹才能,等. 岩性地层油气藏地质理论与勘探技术[J]. 石油勘探与开发,2007,34(3):257-272.
- [3] 车国琼,龚昌明. 广安地区须家河组气藏成藏条件[J]. 天然气工业,2007,27(6):125.
- [4] 徐伟, 杨洪志, 陈中华. 广安地区须六段气藏特征及开发策略 [J]. 天然气工业, 2007, 27 (6):19-21.
- [5] 池秋鄂, 龚福华. 层序地层学基础与应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [6] Zeng Hongliu, Hentz Tucker F. High-frequency sequence stratigraphy from seismic sedimentology: Applied to Miocene, Vermilion Block 50, Tiger Shoal area, off shore Louisiana [J]. 1AAPG Bulletin, 2004, 88 (2):153-174.
- [7] 王玉雪, 雷雪, 侯宇, 等. 储层预测技术在广安 地区滚动勘探中的应用[J]. 天然气工业, 2007, 27(6):628.

# OIL EXPLORATION OF GA AREA IN THE UPPER TRIASSIC XWIAHE FORMATION

GUO Hai-yang<sup>1,2</sup>, LIU Shu-gen<sup>1</sup>, WANG Yu-xue<sup>2</sup>

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Sichuan Petroleum Geophysical Prospecting Company, Chengdu 610212, China)

**Abstract:** The upper Triassic Xujiahe formation in the Sichuan basin is a follow-up horizon for oil and gas exploration in Sichuan with large exploration potential. GA area in the central Sichuan is a key exploration block. Previous seismic exploration results indicate that gas reservoir of Xujiahe formation in the Upper Triassic belongs to lithologic and structural-lithologic complex gas reservoir. This article mainly researched reservoir rule of the upper Triassic Xujiahe formation with high resolution sequence stratigraphy technology and reservoir inversion technology. We found that the  $T_3x^4$  oil reservoir is in the west of the GA area and that the T3 x6 oil reservoir lie in the main structure of the GA area. These results instructed the 2D and 3D seismic exploration design directly.

**Key Words:** GA area; lithologic gas reservoi; high resolution sequence stratigraphy reservoir inversion