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: 100-1412(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^[2]。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 km²。

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^[3]、纵向上多套砂体相互叠置^[3]、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^[4]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^[5]。

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

作者简介: 郭海洋(1978), 男, 四川邻水人, 成都理工大学在读博士研究生, 矿产普查与勘探专业。通信地址: 成都市华阳镇华阳大道石油华宇苑 2 栋 7 单元 7 号(610059), E-m ail: gu oh aiyang619@ 126. com

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)。







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^[6],但若进行全区追 踪对比将十分困难。

MSC4 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。



图 须家河组井- 震层序对比

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

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 SF2、M FS3、M FS4。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^[7]。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^[7]。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 XUIAHE FORMATION

GUO Hai- yang^{1, 2}, LIU Shu- gen¹, WANG Yu xue²

(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 T³x⁴ 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