文章编号:1009-3850(2013)03-0062-07

# 地层切片技术在松辽盆地 xblp1 工区的应用

## 霍正旺

### (大庆油田有限责任公司勘探开发研究院,黑龙江 大庆 163712)

摘要:本文以地层切片技术为基础,以松辽盆地 xblp1 工区嫩江组萨尔图油层为例,分析了该技术在沉积环境研究中的应用。研究表明,高精度三维地震工区为开展地震沉积学研究提供了方便的基础资料,在对研究区内各个层序界面精细解释的基础上,制作了不同三维地震工区的一系列的地层切片,这些切片提供了萨尔图油层不同沉积体系的分布特征,刻画了三角洲和湖泊沉积体系在不同时期的展布范围。地层切片技术有利于层位的等时分析和宏观沉积体系的刻画。值得注意的是,地层切片属性分析图上,并不是所有的强振幅都代表砂岩而弱振幅都代表泥岩,需要结合岩心相、测井相进行校正,方可准确识别出沉积体系。

关 键 词: 松辽盆地; 地震沉积学; 地层切片; 属性分析; 萨尔图油层 中图分类号: TE19 文献标识码: A

## 1 前言

地震沉积学的概念最早是由国外华人学者曾 洪流教授于 1988 年在研究海相地层时提出,并定义 地震沉积学是利用地震资料来研究沉积岩及其形 成过程的一门学科<sup>[1-3]</sup>。2000 年 Schlager 等认为, 地震沉积学基于高精度地震资料、现代沉积环境和 露头古沉积环境模式的联合反馈信息,识别沉积单 元的三维几何形态、内部结构和沉积过程<sup>[4]</sup>。目 前 国际上已经掀起了地震沉积学的研究热潮,许 多学者在北美、印度等含油气盆地进行了一系列的 地震沉积学研究,并在油气勘探和开发方面取得了 明显的效果<sup>[5-11]</sup> 我国也有学者对有关地震沉积学 的问题进行了探讨<sup>[12-17]</sup>。高精度三维地震资料的 应用,给地震沉积学研究带来了巨大的变革,不仅 提高了构造图的精度,还能在真正意义的沉积界面 上(或较小的时窗内)解释沉积相,极大地提高了沉 积相图的分辨率 减少了解释上的不确定性。

本文利用高精度三维地震资料,分析了地层切 片技术在松辽盆地大庆长垣 xblp1 三维工区(图1)





Fig. 1 Tectonic division of the Songliao Basin and location of the xb1pl project

1 = 3D seismic project; 2 = first-order tectonic boundary; 3 = second-order tectonic boundary

的应用,并以嫩江组萨尔图油层为例,研究了沉积 体系的分布特征。结合岩心测井资料,精细刻画了

作者简介: 霍正旺(1981 -) , 男,从事开发地质及地质建模研究。E-mail: 77025183@ qq. com

收稿日期: 2012-07-20; 改回日期: 2013-06-06

不同体系域的沉积环境,恢复了嫩江组萨尔图油层 的沉积环境,明确了砂体的分布规律,加深了对嫩 江组萨尔图油层油气藏分布规律的认识。

### 2 地质背景

松辽盆地嫩江组沉积于盆地演化的坳陷阶段, 其中嫩一段沉积地层厚度为27~222m 嫩一段顶底 对应的地震反射轴分别是TO7和T1。TO7对应于 最大湖泛期沉积的一套盆地内广泛发育的油页岩 的底部;T1为初始湖泛期沉积地层的底界。嫩一段 沉积了分布广泛的烃源岩,其是松辽盆地主要的烃 源岩层之一。中央坳陷区主要发育了退积型三角 洲、湖相和重力流相沉积。萨尔图油层则主要发育 在中央坳陷区内,该油层以三角洲相、湖相和重力 流相沉积为主。嫩江组一段属于三级层序下部的 一个沉积基准面不断上升的时期,共划分了两个四 级层序,从上到下分别是II2-2-n<sub>1</sub>sq1和II2-2-n<sub>1</sub>sq2 两个四级旋回。沉积岩性为湖相灰黑色泥岩和油 页岩,夹三角洲沉积和重力流沉积的灰色粉砂岩 (图2)。



图 2 松辽盆地北部萨尔图油层地层柱状图

1. 泥岩; 2. 泥质粉砂岩; 3. 粉砂岩; 4. 介形虫泥岩; 5. 介形虫层; 6. 油页岩

Fig. 2 Stratigraphic column through the Sartu oil reservoirs in northern Songliao Basin

1 = mudstone; 2 = muddy siltstone; 3 = siltstone; 4 = ostracod mudstone; 5 = ostracod layer; 6 = oil shale

# 3 研究方法

在等时层序地层格架基础上,通过地震沉积学 方法进行沉积体属性分析及预测,并阐明宏观沉积 体系的空间配置及其相互成因关系,恢复各界面的 古湖泊环境,进一步研究沉积相及储集层的类型、 分布特征。本文主要运用了地震沉积学的关键技 术——地层切片技术,研究不同沉积体系的展布 特征。

以某两个等时地层层序界面或解释的层位为顶、底,在顶、底界面间根据厚度按等比例关系内插 出一系列界面,由此逐一生成切片称之为地层切 片,也称比例切片,即

S = H1 + R(H2-H1)

式中: S 为中间层界面(切片); H1 为浅层界面 (顶界面); H2 为深层界面(底界面); R 为介于0~1 之间的系数<sup>[17]</sup>。

因为地层切片是两个相邻界面间根据厚度按 等比例关系内插出的一系列界面,所以在层厚增长 较快的条件下 地层切片可以更真实地反映地层反 射形态,并更清晰地显示沉积地层成像。在目标地 层产状和参考层产状相近,而且厚度变化很小时, 地层切片实际上等同于沿层切片 因此地层切片是 对沿层切片的一种合理的近似,但是两者尚有区 别。由于地层切片是两个相邻界面间根据厚度按 等比例关系内插出的一系列界面 在垂向上展布的 地层形态基本上与子波反映的形态一致。因此地 层切片超越了层拉平的概念,具有明确的物理意 义。因为地层切片在本质上是一种变时窗的属性 分析技术,所以提取的时窗属性更有地质意义,更 能真实地反映不同地质时期古沉积面的大致形态 和沉积环境的分布、变迁和演化。图 3 为分别以地 震标准反射界面 T07 和 T1 为顶、底提取的研究区地 层切片。在全三维地震综合解释中,地层切片技术 考虑了沉积速率随平面位置的变化 比时间切片和 沿层切片更加合理而且更接近干等时沉积界面。

# 4 地层切片实例分析

xblp1 I 区为分布于中央坳陷区大庆长垣上的 三维地震工区(图1),该工区几乎覆盖了大庆油田 的主力产油区。面积为 1450.74km<sup>2</sup>,面元为 40m ×20m。

在对研究区内各个层序界面精细解释的基础 上,以追踪的两个等时沉积界面  $T_{07}$ 和  $T_1$  为顶、底, 在顶、底间等比例地内插出一系列的层位,再沿这些内插出的层位逐一生成瞬时振幅切片(图3)。剖面的平面分布位置见图1中aa'所示。图4(左)展示的是T<sub>1</sub>上31ms处层位的瞬时振幅地层切片平面属性图,以钻遇分支河道的探井TAI22为例,在大套泥岩中间(915~920m)沉积了5m厚的泥质粉砂岩,自然电位(SP)和电阻率(R25)表现为异常幅度特征(图4右),由此可见前端呈树杈状分布的强振幅红色沉积区为三角洲前缘分流河道沉积,红色部分的分布范围就代表了为萨尔图油层三角洲前缘的分布范围,水下分流河道呈树枝状分布。



图 3 xblp1 工区地层切片剖面位置(平面分布见图 1a-a') Fig. 3 Profile of the stratal slices in the xb1pi project

图 5 展示的是 T1 上 38ms 处层位的平面属性 图,钻井资料 XING317 证实了红色部分仍为三角洲 前缘的分布范围,在大套泥岩中间(980~985m)沉 积了 5m 厚灰色含油的粉砂岩,自然电位(SP)和电 阻率(R25)表现为较高异常幅度特征(图5右),由 此可见前端呈树杈状分布的强振幅红色沉积区为 三角洲前缘分流河道沉积,红色部分的分布范围就 代表了为萨尔图油层三角洲前缘的分布范围,水下 分流河道呈条形、树叉状分布。

图6左展示的是T1上49ms处层位的平面属性 图 测井、岩心资料证实了在大庆长垣上分布着延 伸很长的水道为重力流沉积水道<sup>[18]</sup>。钻井资料 XING35证实了呈片状分布的红色部分仍为三角洲 前缘水下分流间湾沉积,岩性以灰色粉砂质泥岩或 泥质粉砂岩为主(图6右),三角洲前缘水下分流河



图 4 T1 上 31ms 处瞬时振幅地层切片属性图(左)及 TAI22 井综合柱状图(右) 1. 粉砂岩; 2. 泥质粉砂岩; 3. 泥岩; 4. 油页岩

Fig. 4 Amplitude slices above 31 ms of T1 (left) and composite columnar section through the TA122 well (right) 1 = siltstone; 2 = muddy siltstone; 3 = mudstone; 4 = oil shale

道则成长条形分布。由此可见前端呈树杈状分布 的强振幅红色沉积区为三角洲前缘分流河道沉积, 红色部分的分布范围就代表了为萨尔图油层三角 洲前缘的分布范围,水下分支河道呈条形、树叉状 分布。水下分流河道在地震剖面上表现为呈豆状 断续分布的亮点低频反射特征(图3)。

从图 4、图 5、图 6 地震振幅切片属性图上,可以 看到研究区三角洲沉积的范围在逐渐缩小,湖相沉 积面积在逐渐增大,揭示了 T1 到 T07 为湖平面逐渐 上升的沉积背景,同时也展示了萨尔图油层在大庆 长垣上不同地质历史时期平面分布规律。 (1) 地震沉积学是以现代沉积学和地球物理学为理论基础,利用高精度三维地震资料,经过层序地层、地震属性分析和地层切片,研究地层岩石宏观特征、沉积结构、沉积体系、沉积相平面展布以及沉积发育史的地质学科。

(2)地层切片技术可广泛应用于三维地震综合 解释,但是受地震资料品质、地质条件的复杂程度 等影响,常常有多解性。在地层切片属性分析图 上,并不是所有的强振幅都代表砂岩而弱振幅都代 表泥岩,需要结合岩心测井资料综合分析判断。进 行地震相、岩心相和测井相综合分析是地震沉积学 研究的发展趋势。

5 结论

(3) 文中基于细分层等时层序地层格架,根据

地震沉积学的概念,应用全三维地震综合解释技术 中的地层切片技术,准确地刻画了大庆长垣 xblp1 工区上白垩统嫩江组嫩一段水下分流河道平面展 布形态和规模,明确了砂体的分布规律,加深了对 嫩江组萨尔图油层油气藏分布规律的认识,取得了 良好的地质效果,并丰富了地震切片解释领域的应 用实例,具有推广应用价值。





Fig. 5 Amplitude slices above 38 ms of T1 (left) and composite columnar section through the XING317 well (right) 1 = siltstone; 2 = mudstone; 3 = oil shale; 4 = oil-bearing rocks; 5 = muddy siltstone; 6 = sandy mudstone; 7 = silty mudstone



图 6 T1 上 49ms 处瞬时振幅地层切片属性图(左)及 XING35 井综合柱状图(右) 1. 粉砂岩; 2. 含钙粉砂岩; 3. 泥岩; 4. 油页岩; 5. 介形虫层; 6. 含油

Fig. 6 Amplitude slices above 49 ms of T1 (left) and composite columnar section through the XING35 well (right) 1 = siltstone; 2 = calcareous siltstone; 3 = mudstone; 4 = oil shale; 5 = ostracod layer; 6 = oil-bearing rocks

#### 参考文献:

- ZENG H L ,BACKUS M M ,BARROW K T et al. Stratal slicing: Part I: Realistic 3D seismic model [J]. Geophysics ,1998 ,63 (2): 502 - 513.
- [2] ZENG H L ,HENRY S C ,RIOLA J P. Stratal slicing ,part II: Real

3D seismic data [J]. Geophysics ,1998 ,63(2): 514 - 522.

- [3] ZENG H L ,AMBROSE W A. Seismic sedimentology and regional depositional systems in Miocene Norte ,Lake Maracaibo ,Venezuela [J]. The Leading Edge 2001 20(11): 1260 – 1269.
- [4] EBERLI G P ,MASAFERRO J L, "RICK" SARG J F. Seismic imaging of carbonate reservoirs and systems [J]. AAPG Memoir 2004 81: 129.
- [5] ZENG H L ,HENTZ T F. High-frequency sequence stratigraphy

from seismic sedimentology: Applied to Miocene , Vermilion Block 50 , Tiger Shoal area , Offshore Louisina [J]. AAPG Bulletin 2004 , 88 ( 2) : 153 – 174.

- [6] ZENG H L. From seismic stratigraphy to seismic sedimentology: A sensible transition [A]. Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions [C] 2001 ,L I: 413 – 420.
- [7] POSAMENTIER H W. 3 D Yields Strat Geologic Insights [J]. AAPG Explorer 2004 26 – 27.
- [8] POSAMENTIER H W ,KOLLA V. Seismic geomorphology and stratigraphy of depositional elements in deep water settings [J]. Journal of Sedimentary Research 2003 73(3): 367 – 388.
- [9] ZENG H L ,BACKUS M M ,BARROW K T. Facies mapping from three dimensional seismic data: potential and guidelines from a Tertiary sandstone-shale sequence model, Powderhorn Field, Calhoun County, Texas [J]. AAPG Bulletin, 1996, 80 (1): 16 -46.
- [10] ZENG H L ,HENTZ T F ,WOOD L J. Stratal slicing of Miocene Pliocene sediments in Vermilion Block 50, Tiger Shoal area, Offshore Louisiana [J]. The Leading Edge ,2001,20(4): 408

-418.

- [11] CARTER D C. 3D seismic geomorphology: Insights into fluvial reservoir deposition and performance ,Widuri field ,Java Sea [J].
   AAPG Bulletin 2003 §7(6): 909 - 934.
- [12] 董春梅,张宪国,林承焰.地震沉积学的概念、方法和技术 [J].沉积学报 2006 24(5): 699-704.
- [13] 林承焰 张宪国. 地震沉积学探讨[J]. 地球科学进展 2006, 21(11): 1140-1144.
- [14] 董春梅,张宪国,林承焰.有关地震沉积学若干问题的探讨[J].石油地球物理勘探 2006 A1(4):405-409.
- [15] 林承焰 张宪国 董春梅. 地震沉积学及其初步应用[J]. 石油
  学报 2007 28(2): 69-71.
- [16] 董艳蕾 朱筱敏,曾洪流,等.黄骅坳陷歧南凹陷古近系沙一 层序地震沉积学研究[J].沉积学报 2008 26(2):234-240.
- [17] 雷明,王建功,刘彩艳,等.地震切片技术在安达工区的应用 [J].石油地球物理勘探,2010,45(3):418-422.
- [18] FENG Z Q ,ZHANG S ,CROSS T A et al. Lacustrine turbidite channels and fans in the Mesozoic Songliao Basin ,China [J]. Basin Research 2010 22(1):96 - 107.

# An application of the stratal slicing technique to the xb1p1 seismic project in the Songliao Basin

#### HUO Zheng-wang

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Daqing Oil Field Company, Daqing 163712, Heilongjiang, China)

**Abstract**: The present paper deals with the application of the stratal slicing technique as a key technique in seismic sedimentology to the Sartu oil reservoirs from the Nengjiang Formation in the Songliao Basin. Numerous stratal slices for individual 3D seismic projects are constructed in the light of the refined interpretation of distinct sequence boundaries in the study area. These slices help clarify the distribution of the depositional systems in the Sartu oil reservoirs , and assist in the isochron analysis of favourable horizons and macroscopic delineament of the depositional systems. Of course the stratal slicing technique should be integrated with core examination and well logs so as to distinguish the depositional systems in precise terms.

Key words: Songliao Basin; seismic sedimentology; stratal slicing technique; attribute analysis; Sartu oil reservoirs