

地质与矿产

地震沉积学在滨南浊积砂岩区的研究及应用*

蒋成国¹, 焦海燕², 苗长波¹

(1. 胜利油田有限责任公司滨南采油厂地质研究所, 山东 滨州 256606; 2. 胜利油田有限责任公司滨南采油厂采油一矿采油 101 队, 山东 滨州 256606)

摘要:运用地震沉积学的理论, 使用 90°相位转换和地层切片等关键技术, 结合钻测井资料, 对滨南地区滨 682 井区古近纪沙河街组 3 个层序的砂体分布特征和沉积体系进行了精细研究。结果表明, 该区东部和东南部浊积砂体较为发育。层序 I 早期浊积砂体分布面积较大, 中期和晚期面积较小; 层序 II 早期和晚期浊积砂体分布范围较大, 中期很小; 层序 III 主要分布在南部地区。证明该方法不但简单, 而且减少了穿时问题, 适合楔形沉积层序的分析研究。

关键词:地震沉积学; 地层切片; 浊积砂岩; 沉积相; 滨南地区

中图分类号: P631.44

文献标识码: A

1 地震沉积学原理

地震沉积学是用地震资料(尤其是三维地震资料)研究沉积岩和沉积作用的一门学科, 其关键技术主要包括 90°相位转换技术、地层切片技术和分频段解释技术等, 该学科主要研究地震岩石学和地震地貌学^[1,2]。地震沉积学的基本思路是根据钻井资料、地质研究成果及地震解释建立三维等时地震地层格架, 考虑沉积砂体宽度大于厚度的特点, 利用地震反射横向分辨率识别沉积范围内的优势砂体, 并优选地震反射参数, 根据线性内插原理对三维地震资料进行等时地层切片处理, 获取地层切片数据库^[2]。此数据库既可制作沉积历史电影, 又可与岩心观测和测井曲线建立联系, 与储集层岩性、岩相挂钩, 用于储集层预测。

2005 年 2 月, 地震沉积学国际会议在休斯敦召开, 地震沉积学越来越受到人们的关注, 标志着这门新学科的发展进入了一个新的阶段^[3]。

2 滨 682 井区沙三段地震沉积学分析

东营凹陷滨 682 区位于滨县凸起边缘, 临近利津生油洼陷, 受滨南-利津断裂带活动影响, 形成了

冲积扇、扇三角洲和浊积扇等 3 种砂砾岩扇体类型^[4]。根据地震和钻测井综合分析, 可将该区古近纪沙三段中、下亚段划分为 3 个三级层序。沙三下亚段划分为 2 个层序, 即层序 I 和层序 II, 沙三中亚段对应层序 III。

从沉积面(地质时代界面)上所提取的地震振幅能表示整个地震探区中某沉积体系的总体延伸, 这种地震界面显示被称为“地层切片”^[5]。地层切片是盆地分析和储层宏观描述的一项有用的新办法, 它使沉积相成图工作变得比较简单, 并极大地减少了穿时问题, 最大限度的贴近地质时间界面, 特别适合于楔形沉积层序的分析。滨 682 井区沙三中、下段从滨县凸起到深湖区地层成楔形发育, 这种状况非常适合地震沉积学的地层切片技术(图 1)。

2.1 地层切片的制作步骤

地层切片在计算机工作站上很容易完成。尽管这种做法对原始三维资料做了一些修改, 但运算比较简单。具体分以下 3 步:

(1) 选择平行于等时面的参照地震同相轴。最重要的是选出具有地质时间界面意义的参照同相轴。在拾取参照同相轴时, 需要注意复杂的地质背景, 如断层、旁流沉积和角度不整合面, 减低地层切

* 收稿日期: 2011-04-10; 修订日期: 2011-05-30; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 蒋成国(1984—), 男, 重庆荣昌人, 工程师, 主要从事油藏勘探研究工作; E-mail: 282213113@qq.com。

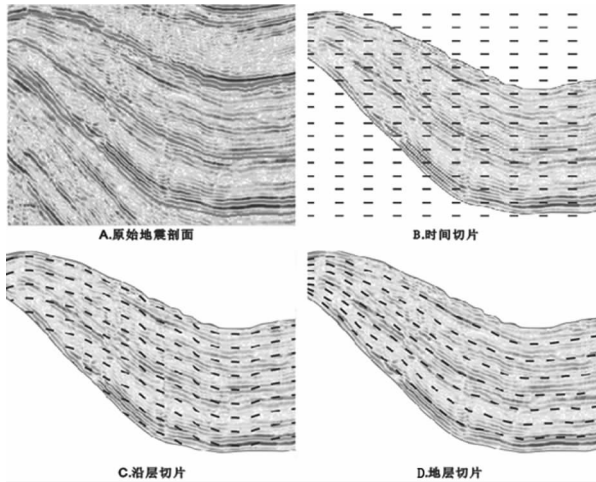


图 1 滨南地区滨 682 井区典型地震剖面及其不同切片方法显示示意图

片发生错误的最佳途径是使用较多的同相轴。

(2) 建立地质-时间模型。一旦选取了参照面并予以拾取之后,就可以应用线性内插公式建立一个地质时间模型,该模型的 X, Y 坐标体系与原来的三维数据体相同,但 Z 轴却是相对的地质时间。这个新数据体内所有的参照轴都是水平面,水平面之上的时间切片所代表的相对地质时间界面比下面的要新。模型中的每个时间切片所记录下的双程旅行时都保存了相应振幅地层切片的构造信息,并且是连接原始三维数据体与振幅地层切片数据体之间的桥梁。

(3) 建立地层切片数据体。在原始三维数据体中,沿这个时间地质模型的各地层层位(时间切片)提取振幅便形成了振幅地层切片数据体。这一过程相当在地质时间模型的指导下,在时间上压缩或伸长各地震道,以相同的数据长度或“厚度”形成一个新的三维地震数据体。这一过程中的所有参照轴在地层切片数据体中都是拉平的。因此,该数据体中的任何一张时间切片都代表这一地层时间模型中相应地质时间界面的地震响应。

2.2 用地层切片进行等时地层对比

该研究的层位沙河街组沙三中、下亚段,岩性岩相变化复杂,井之间砂岩测井曲线形态多变。由于工区钻井密度不足以控制井间地层详细对比,直接用测井曲线之间内插的方法在三维地震数据体内追踪地震小层单元困难很大,也不可靠。地震反射特征亦多变,只有少数区域等时反射标志层可作全区追踪闭合,大多数反射同相轴或多或少都是不连续的和穿时的,因此直接用地震剖面追踪小层也

行不通。

由于在地震沉积学研究中主要依靠三维地震,因此在工作中采用了以地层切片逼近地质时间界面,用钻井地层划分标定地层切片时间单元的做法。如图 2 所示,追踪沙河街组 SB1, SB2, SB3 和 SB4 等 4 个区域等时反射标志层,在对各参考层精细地震解释的基础上,以 2 ms 为时间间隔,在 3 个层内制作 9 张地层切片,与钻井层位进行对比。为方便起见,这些地震沉积学作图单元与油层组的关系亦可大致确定为:地层切片 a~c 对应沙三段层序 I,地层切片 d~f 对应层序 II,地层切片 g~i 对应层序 III(图 2,3)。

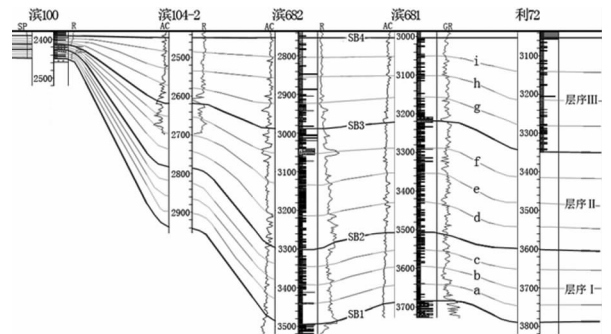


图 2 滨 682 井区参考层及各地层切片在连井剖面上的对应位置示意图

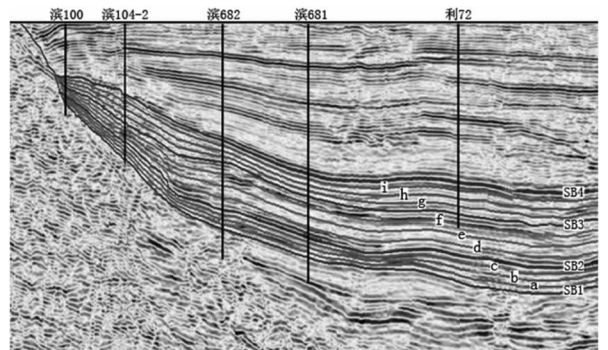


图 3 滨 682 井区参考层及地层各切片在地震剖面上的对应位置示意图

应当强调的是,这些地层切片大部分并不能由直接在地震剖面上追踪同相轴得到。无论在 90° 相位剖面上或零度相位剖面上,地层切片都不完全沿着地震同相轴走,而是由地层格架控制下的线性内插决定的。这是与常规地震地层对比方法的一个重要区别。

2.3 用地震沉积学方法识别滨 682 井区沉积类型

2.3.1 识别沉积类型的依据

在该次研究中,地震岩性学特征主要指瞬时振

幅与薄层岩性及相对厚度的关系。在地层切片上,强振幅指示较厚浊积岩的存在,中等振幅代表较薄砂岩,而弱振幅是砂层缺乏,泥岩为主的表现。

地震地貌学特征,包括地层切片上振幅分布模式所指示的沉积体形态、大小、方向、接触关系、及向别的沉积体横向变化的规律。已知现代及古代沉积相模式,尤其是平面相组合关系模式,是推断沉积相和环境的重要依据。另外,地震地层学分析亦可提供区域构造、沉积背景的有用信息。

测井相特征,包括 GR, AC 及其他测井曲线所指示的岩性、厚度、曲线形态及粒度变化特点。它们对地震相转换沉积相有关键的标定作用。

2.3.2 典型地层切片的沉积相解剖

通过地震数据体 90°相位调整、地震合成记录井震结合以及砂体与地震同向轴振幅对应关系统计,研究区浊积砂体在地震上的响应特征是:研究区地震数据体的振幅范围-130~+125(地震资料处理时的一个相对值,无单位),正值表示波峰,负值表示波谷;浊积砂体的振幅在-130~-40,振幅值大小与砂体内油气或灰质的含量有关,油气或灰质含量越多,振幅值越小(图 4);由于浊积砂体薄,在地震上表现为单轴的透镜状。同时,统计还显示研究区泥岩振幅值大于 30;粉砂质泥岩或含灰粉砂质泥岩振幅值-30~+30。

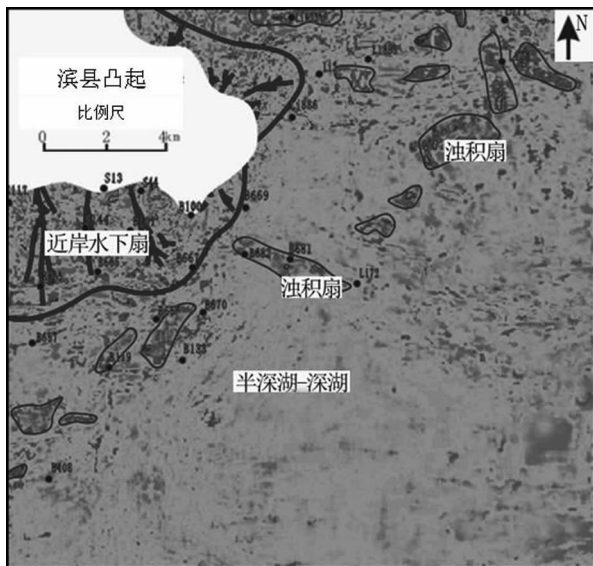


图 4 滨 682 井区沙三段典型地层切片
(切片 a)沉积相解剖图

2.4 研究结果

根据 9 张典型地层切片的沉积学特征,结合测

井响应,得到以下认识:

(1)层序 I 沉积相平面展布。层序 I 沉积时期是古近纪断陷构造运动第三断陷幕断陷初期,东营凹陷处于强烈的断陷扩张初期,气候由于热转向潮湿。由于滨南断层的强烈活动,陡坡带坡度很陡,在滨县凸起周缘主要发育裙带状的近岸水下扇沉积,该扇体向凹陷推进距离较短,粗相带较为发育,主要为砂砾岩沉积,岩性较粗。在滨 119 和滨 682 井区发育不规则孤立的、土豆状砂体,研究认为这些砂体是由于滑塌形成的浊积砂体。

(2)层序 II 沉积相平面展布。层序 II 沉积时,其沉积背景与层序 I 相似,因此该时期沉积体系的发育与层序 I 时期的沉积体系发育具有继承性。在滨县凸起周缘主要发育裙带状的近岸水下扇沉积,向上粒度变细,总体为一退积型准层序组。该扇体向凹陷推进距离较短,粗相带较为发育,主要为砂砾岩沉积,岩性较粗。在滨 659 和滨 660 井区发育不规则孤立的、土豆状浊积砂体,滨 682 周围仍然有孤立浊积砂体发育。

(3)层序 III 沉积相平面展布。层序 III 沉积时期,东营凹陷断陷扩张运动最为强烈,气候潮湿,形成山高湖深的古地理景观,物源供给少,沉积物以细粒半深湖—深湖沉积为主,在滨 101 井区形成裙带状近岸水下扇,在滨 66、滨 133、滨 681 等井区形成扇前滑塌浊积扇。

3 结语

通过运用地震沉积学方法,开展滨 682 井区沉积砂体分布和沉积体系地层切片精细研究,主要得到以下认识:

(1)地层切片是盆地分析和储层粗略描述中的一项有用的新办法,它使沉积相成图工作变得比较简单,并极大地减少了穿时问题,特别适合于楔形沉积层序的分析。

(2)运用地震沉积学的理论对滨 682 井区古近系沙河街组 3 个层序进行的砂体分布研究表明,该区的东部和东南部是浊积砂体较为发育的地方。层序 I 早期浊积砂体分布面积较大,中期和晚期面积较小;层序 II 早期和晚期浊积砂体分布范围较大,中期很小;层序 III 主要是在南部有较大范围的浊积砂体,东部发育范围较小。

参考文献:

- [1] Zeng Hongliu, Ambrose William A. Seismic sedimentology and regional depositional systems in Miocene Norte, Lake Maracaibo, Venezuela[J]. The Leading Edge, 2001, 20 (11) : 1260 - 1269.
- [2] Zeng Hongliu, Hentz Tucker F. High - frequency sequence stratigraphy from seismic sedimentology: Applied to Miocene, Vermilion Block 50, Tiger Shoal area, offshore Louisiana[J]. AAPG Bulletin, 2004, 88(2) : 153 - 174.
- [3] 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.
- [4] 王平贵, 李彦强, 赵连素. 东营凹陷王庄地区古近纪沙河街组三段扇三角洲砂砾岩体沉积特征分析[J]. 山东地质, 2003, 19(增刊) : 78 - 80.
- [5] 陈旭, 陈红汉, 董玉文, 蔡李梅. 地震沉积学研究方法评析[J]. 沉积与特提斯地质, 2010, 30(1) : 54 - 59.

Research and Application of Seismic Sedimentology in Turbidite Sandstone Area

JIANG Chengguo¹, JIAO Haiyan², MIAO Changbo¹

(1. Geological Institute of Binnan Oil Factory Subordinated to Shengli Oil Field Limited Corporation, Shandong Binzhou 256606, China; 2. No. 101 Brigade of No. 1 Oil Mine in Binnan Oil Factory of Shengli Oil field Limited Corporation, Shandong Binzhou 256606, China)

Abstract: By using the theory of seismic sedimentology, using 90° phase shift technology and formation slices technology, combining with drilling and logging wells datas, distribution characteristics of sand in three sequences and sedimentary system of No. 682 well in Binnan area in Paleogene Shahejie formation have been studied in detail. It is showed that turbidite sand bodies are well developed in eastern and south-eastern area. The distribution square of turbidite sand bodies are large in early period of sequence I, while they are small in middle and later period; the distribution square of turbidite sand bodies are large in early and late period of sequence II, while they are small in middle period; sequence III is mainly distributed in southern area. It is proved that the method is not only simple, but also can reduce the diachronous problem. It is suitable for carrying out analysis and study on wedge type sedimentary sequence.

Key words: Seismic sedimentology; stratigraphic sections; turbidite sandstone; sedimentary facies; Binnan area