

文章编号: 0253-9985(2004)05-0533-06

储层精细描述的地震处理、解释一体化思路探讨 ——以准噶尔盆地腹部莫西庄地区为例

谢晓军¹, 邓宏文¹, 王居峰^{1,2}

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国石化胜利油田地质科学研究院, 山东东营 257015)

摘要: 在高分辨率层序地层解释的基础上, 利用 AVO(振幅随炮检距变化) 处理过的三维速度场进行高分辨率 AVO 属性反演、谱分解、属性提取、波形分析等手段获得的储层信息与储层地震相和沉积相解释相结合, 剖面-平面-立体处理、解释同步, 赋予地震属性信息以正确的地质意义, 达到对储层分布精细预测的目的。运用这一方法, 对准噶尔盆地腹部莫西庄八道湾组一段进行了研究, 结果显示, 利用 AVO 属性反演和波形分析等处理手段得到的储层平面图与用高分辨率层序地层原理研究出的储层平面图有很好的叠合关系。

关键词: 地震处理; 解释; 一体化; 高分辨率层序地层; 储层精细预测

中图分类号: TE112.221; P631.445

文献标识码: A

Integration of seismic processing and interpretation for fine reservoir characterization: taking Moxizhuang area in Junggar Basin as an example

Xie Xiaojun¹, Deng Hongwen¹, Wang Jufeng^{1,2}

(1. China University of Geosciences, Beijing; 2. Geosciences Research Institute of Shengli Oilfield Co. Ltd. SINOPEC, Dongying, Shandong)

Abstract: Based on high resolution interpretation of sequence stratigraphy, 3-D velocity field processed with AVO is used to perform AVO attribute inversion, spectrum analysis, attribute attraction and wave form analysis to get reservoir information. Through combining the reservoir information with interpretation results of seismic and sedimentary facies of the reservoir, integrated seismic processing and interpretation in profile-plane-space is carried out to assign correct geologic meaning to seismic attribute information, so as to realize accurate prediction of reservoir distribution. This method has been used to study the first member of Badaowan Formation in Moxizhuang area, central of Junggar basin. The results show that the plane reservoir distribution achieved through AVO attribute inversion and wave form analysis has good coincidence with that achieved by using theory of high resolution sequence stratigraphy.

Key words: seismic processing; interpretation; integration; high resolution sequence stratigraphy; accurate reservoir prediction

1 沉积背景

莫西庄三维地震区位于准噶尔盆地腹部盆 1 井西凹陷内, 以庄 1 井为中心, 面积约 228 km²。侏罗纪早期盆地东北部缓坡物源形成的湿地扇-辫状河-曲流河-曲流河三角洲体系以及中期形成的辫状河三角洲体系对腹部沉积作用影响较大。莫西庄三维地震区位于该三角洲沉积体系的下三角洲平原和三角洲前缘部位, 可能与位于其东北侧

莫北凸起上的莫北油田为同一个三角洲体系。

莫西庄地区侏罗系由八道湾组、三工河组 and 西山窑组构成。下侏罗统八道湾组为一套冲积河流相砂砾岩、三角洲相砂岩与浅湖相泥岩互层沉积, 局部夹河间沼泽相煤层, 一般厚度为 550~750 m。三工河组为主要勘探目的层段, 一般厚度 450~650 m。该组可以进一步划分为 3 段: 下段为以湖相灰色、深灰色泥岩为主夹粉砂岩沉积, 中段发育一套辫状河道、辫状三角洲体系形成的砾砂

岩,上段以湖相深灰色泥岩为主夹薄层砂岩。中侏罗统西山窑组由于中、晚侏罗世燕山运动而遭受剥蚀,在庄1井区厚度仅保留30 m左右,以湖沼相煤层发育为特征。上侏罗统齐古组和喀拉扎组缺失。

八道湾组和三工河组为研究区的主要含油气层段。三工河组中段辫状三角洲水下分支河道砂岩为主要油气储层。油气藏类型为以低幅度构造为背景的砂岩透镜体和砂岩侧向尖灭形成的岩性油气藏。该区目前钻井较少,在岩性油气藏的勘探过程中,以三维地震数据体为基础的储集砂体精细描述对于掌握该区储层分布规律、降低油气勘探风险十分重要。

2 研究流程

地震处理、解释一体化是储层描述与精细预测的重要手段。储层地震处理、解释一体化的过程是以石油地质理论为基础,以地质-地震解释

模型为指导、以地震处理技术为手段,通过地震处理、解释紧密结合、彼此迭代、相互渗透、互相校正,最大限度地将特殊地震处理提取的属性信息转换为真实的地质信息,对储层分布进行精细预测与评价的过程。

根据莫西庄侏罗系储层成因类型、沉积特征与资料基础,确定了研究区储层研究的地震处理、解释一体化的工作流程,即在地震资料品质分析的基础上,以初始地质解释模型为指导,对地震资料进行“三高”精细处理;再根据处理结果修改初始地质解释模型(图1)。

2.1 层序地层格架内的地震处理与解释

根据层序地层解释精度的要求,对处理的两套不同频率的地震剖面进行了选择。确定主频为50~60 Hz,频宽为10~130 Hz的三维地震数据体为高分辨率层序地层与储层描述的基础数据体。该套地震资料不仅层序界面清楚,且能用于层序内部结构分析。

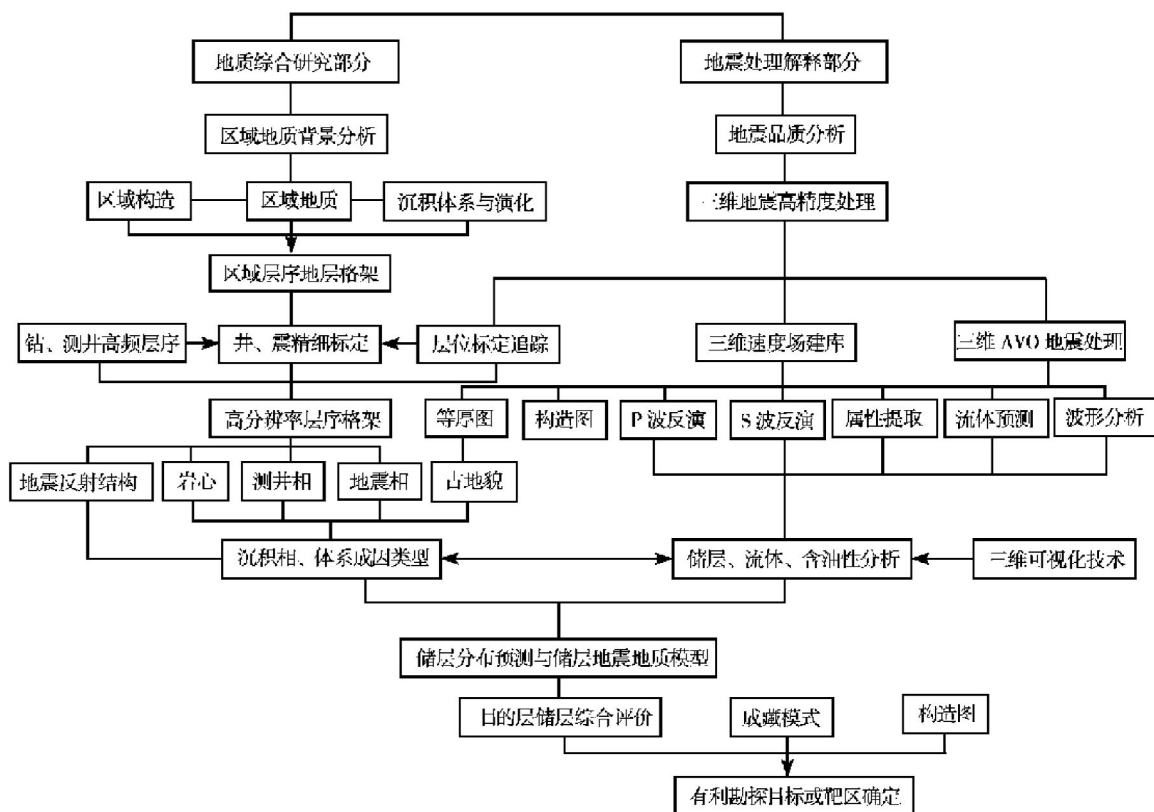


图1 三维地震处理解释一体化流程图

Fig.1 Flow chart of integrated 3D seismic processing and interpretation

以区域钻井、二维地震剖面为基础的区域层序地层与沉积体系研究与以岩心、测井和三维区高分辨率地震资料为基础的层序地层与沉积微相

分析相结合,确定三维区三级层序界面。根据研究区储层主要成因类型与沉积特征,运用以多级次基准面旋回为参照面的层序地层理论和冲积-

河流相层序地层分析技术对主要储集层段三工河组二段进行高分辨率层序地层研究。在侏罗系中识别出4个长期基准面旋回(三级层序), 主要研究层段三工河组二段——一段中发育一个长期基准面旋回界面, 4个中期基准面旋回(四级层序)^[1~8](图2)。对三维区各级次层序界面进行统层, 建立高精度层序地层格架。通过以岩-电标定、井-震标定为基础的骨干剖面地震地质解释模型的建

立, 在层序地层格架内开展地震相研究。地震相分析及其地震相地质意义的解释过程中注意搞清以下几个问题: (1) 地震反射特征(振幅、频率、连续性等)的变化与基准面旋回变化的关系; (2) 时频分析特征与基准面升降的关系; (3) 合成记录振幅变化与基准面升降和可容纳空间增减的关系; (4) 声波测井反射系数密集度与基准面升降的关系; (5) 砂泥比的变化与基准面旋回的关系等。

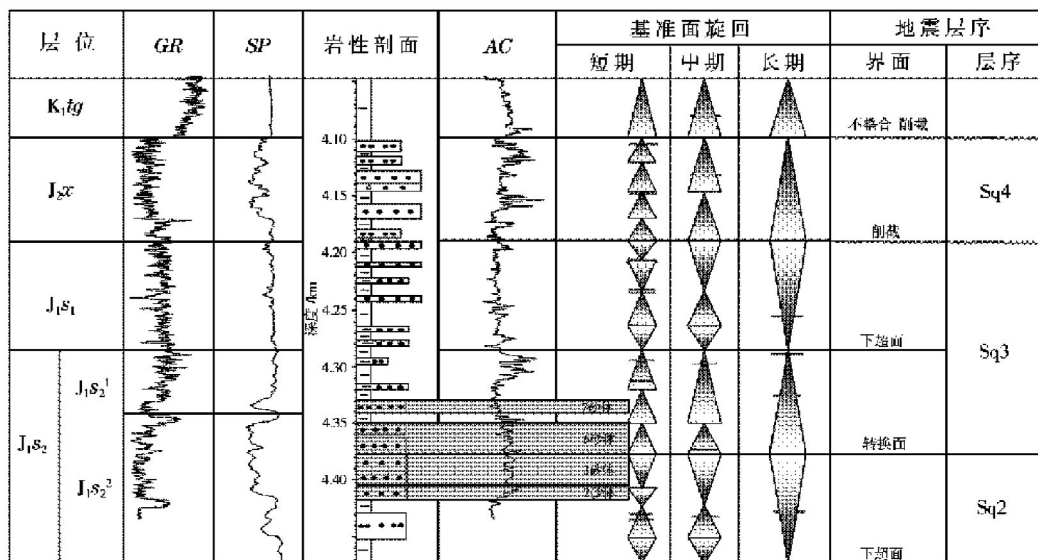


图2 庄1井三工河二段——一段高分辨率层序地层划分

Fig.2 High resolution sequence stratigraphic division of 2nd and 1st member of Sangonghe Formation in Zhuang 1 well

高精度层序地层格架的建立不仅为砂体的追踪、地震相的识别和地质意义解释提供了正确的时间地层单元框架, 同时还为地震特殊处理参数的选择提供了地质依据。例如, 地质研究表明, 三工河组内部发育的长期基准面旋回与油水界面关系密切, 该界面地震属性参数的提取与解释对储集砂体乃至含油砂体分布范围和分布规律的研究有重要意义。此外, 储集层段内部高频基准面旋回的识别以及高频旋回内地震反射结构分析还为地震反演处理解释与处理层段时窗大小的确定等提供了参考依据。

2.2 地震-地质解释模型的建立

选择地震骨干剖面, 建立储层解释的地震地质模型。在地震地质模型的指导下, 地震相与地质相分析相结合, 开展储层分布精细解释。一般来说, 与三角洲或辫状三角洲区域物源补给方向大致平行的地震剖面最能反映三角洲前缘砂体进积过程中产生的内部结构特征。因而在地震解释

骨干剖面网的建立过程中, 首先选择该方向的地震剖面。

根据区域沉积体系与沉积相研究成果, 莫西庄地区发育的辫状三角洲体系主体来自北东方向, 因此选择该方向的地震剖面, 分析三角洲进积过程中形成的各期砂体之间的彼此叠置关系。然后, 统层闭合建立地震地质解释骨架网乃至地震地质解释模型(图3)。图4为过庄1井骨干地震剖面的地震-地质解释模型。由该模型可以看出, 以钻/测井为基础的层序地层分析和井-震标定确定的三工河组内部的长期基准面旋回界面为三工河组二段底界面之上发育的相互叠置的砂体的包络面。界面之下为可容纳空间较低时形成的2, 3砂体; 界面之上地层开始上超, 表明盆地基底沉降速率增加, 基准面上升, 可容纳空间增大, 辫状三角洲退缩, 形成叠置程度和连续性较差的6, 7砂体。这种特征在钻井和地震剖面中均可以反映出来。

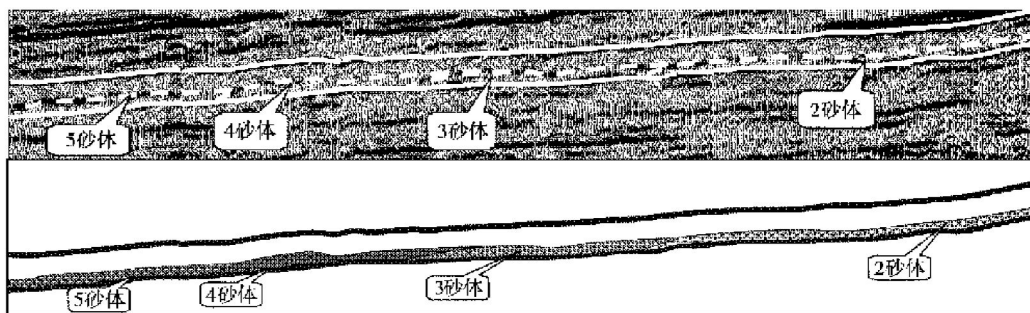


图 3 平行辫状三角洲物源方向和任意测线地震-地质解释模型

Fig. 3 Seismic-geologic interpretation model along the seismic line parallel to the direction of source of braided delta

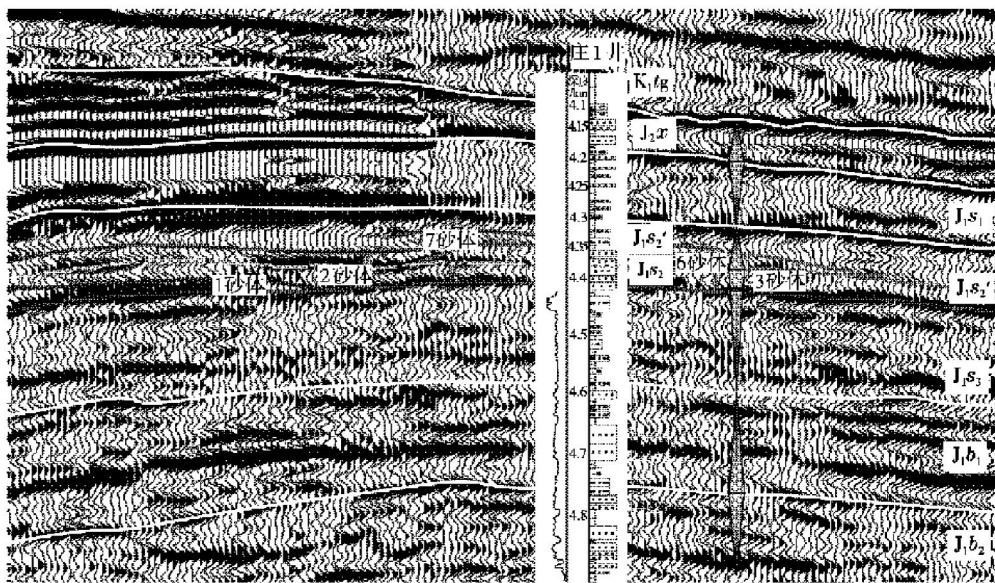


图 4 过庄 1 井主测线的地震-地质解释模型

Fig. 4 Seismic-geologic interpretation model of the main profile across Zhuang 1 well

2.3 地质解释与地震反演结果的彼此验证

地震波阻抗反演通常是储层描述最常用的地球物理处理技术之一,只有在地震-地质解释模型指导下的地震反演才能真正反映储层分布特征^[9~11]。

通过在岩性解释模型基础上的波阻抗反演和在层序地层解释基础上的 AVO(振幅随炮检距变化)属性反演,对地震数据体不断进行修改,使地震剖面更能反映地下真实地质特征。对主要目的层三工河组,通过两次 AVO 属性反演后,波阻抗剖面更能反映三工河组砂体叠置关系。图 5 是过 Z1 和 Z101 井联井地震剖面,上图为一般地质解释后的反演结果,下图是以高分辨率层序地层学研究结果为基础的反演结果,后者更能反映真实的砂体叠置关系。

2.4 地质预测与特殊处理技术彼此验证

三维地震 AVO 特殊处理,包括 AVO 属性反演、谱分解、属性提取、波形分析等获得的储层分布信息与储层地震相和沉积相解释相结合,剖面-平面-立体处理、解释同步,赋予地震属性信息以正确的地质意义,达到对储层分布精细预测的目的(图 6)。研究区处理与解释一体化分析过程中发现,AVO 分析提供的 P 波属性剖面与 CMP(共中心点)叠加或 DMO(零炮检距偏移)叠加剖面相比,更加接近于零炮检距剖面。再应用前述确定的地震-地质解释模型,对它进行波阻抗反演,取得了较好的反演效果。除此以外,还可以利用叠前 AVO 提取 15° 叠加 S 波、流体因子等数据体对储层特征进行描述。

以八道湾组一段储层分布预测为例说明地震-

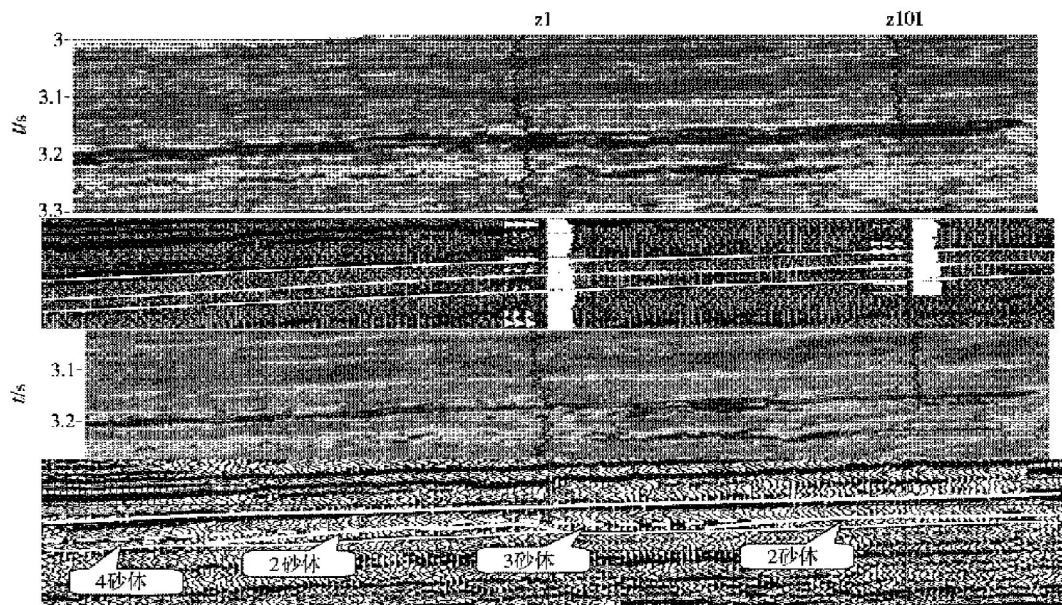


图 5 高分辨率层序地层分析前后两次反演结果对比图

Fig. 5 Correlation of two inversions pre and post high resolution sequence stratigraphic analysis

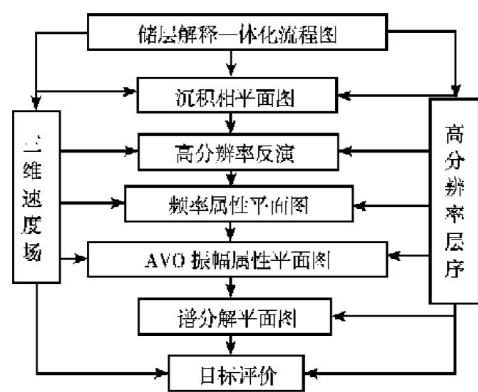


图 6 储层解释一体化流程图

Fig. 6 Flow chart of integrated reservoir interpretation

地质解释与特殊处理的互动结合效果。在对庄 1 井进行精细标定的基础上, 根据所建立的地震相与沉积相的对应关系, 利用高分辨率地震剖面对各种地震相进行了全区闭合与追踪, 得到八道湾组一段储层平面分布图(图 7)。该图与利用 AVO 波形分析图叠合发现两者有很高的吻合程度(图 8)。

3 结论

- (1) 地震资料处理必须以高精度层序地层格架的建立为基础, 通过对储集层段内部高频基准面旋回的识别以及高频旋回内地震反射结构分析, 为地震反演处理解释与处理层段时窗大小的确定等提供参考依据。
- (2) 储层的精细解释应以井-震标定所建立的地震地质模型为约束, 通过处理与解释的多次

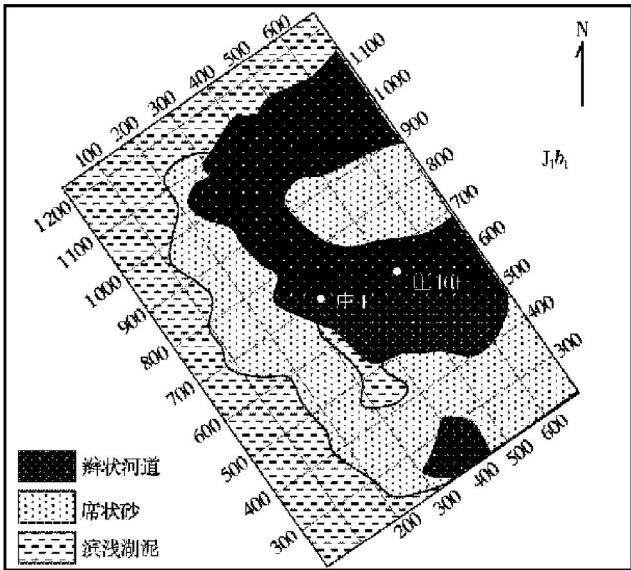


图 7 八道湾组一段储层平面分布图

Fig. 7 Plane view showing distribution of reservoirs in the 1st member of Badaowan Formation

- 迭代, 使地震地质模型最大限度地逼近地下实际, 结合测井约束反演 AVO 属性反演结果等, 达到精细刻划储层的叠加样式与赋存状态等。
- (3) 一体化研究思路应强调储层分布地质预测与地震特殊处理技术的相互结合与彼此验证, 通过地震特殊处理获得的储层分布信息, 只有与储层地震相和沉积相解释结果相结合, 才能赋予地震属性信息以正确的地质意义, 达到对储层分布精细预测的目的。

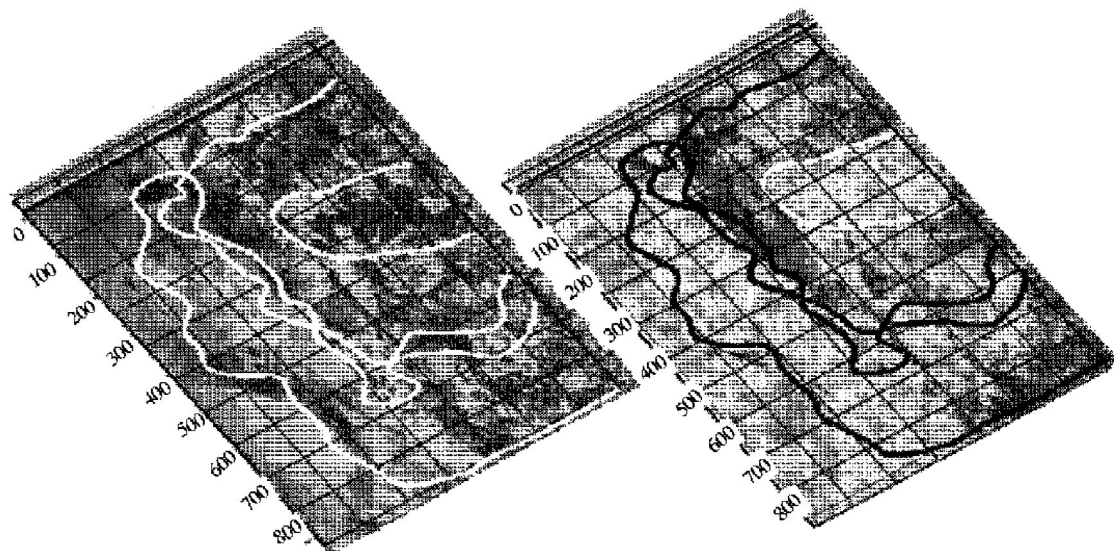


图8 八道湾组一段 AVO、波形分析与储层平面分布叠合图

Fig.8 Stacking chart of AVO, wave form analysis and plane distribution of reservoirs in the 1st member of Badaowan Formation

参 考 文 献

- 1 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 89~ 97
- 2 邓宏文, 王洪亮, 李熙喆. 层序地层基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 177~ 183
- 3 Cross T A. Stratigraphic controls on reservoir attributes in continental strata[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 305~ 313
- 4 徐怀大. 层序地层学理论用于我国断陷盆地分析中的问题[J]. 石油与天然气地质, 1991, 12(1): 52~ 57
- 5 徐怀大. 陆相层序地层学研究中的某些问题[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 83~ 89
- 6 蒲仁海. 断陷盆地层序地层学的几点进展[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 410~ 414
- 7 高新生, 赵霞飞, 李天明, 等. 准噶尔盆地西部侏罗系层序地层特征[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 165~ 168
- 8 陈开远, 孙爱霞, 杜宁平. 成油体系中的层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(3): 221~ 226
- 9 许广明, 徐怀大, 孔祥言. 高分辨率层序地层学在油藏数值模拟中的应用[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 115~ 119
- 10 周锦明, 熊翥. 地震数据精细处理[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003
- 11 石万忠, 李举子, 李梦溪, 等. 时-频分析在高分辨率层序地层学中的应用[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 234~ 237
- 7 Fryberger S G, Schenk C J, Krystinik L F. Stokes surfaces and the effects of near-surface groundwater-table on aeolian deposition[J]. Sedimentology, 1988, 35: 21~ 41
- 8 魏魁生, 徐怀大, 叶淑芬. 松辽盆地白垩系高分辨率层序地层格架[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(1): 7~ 14
- 9 王秉海, 钱凯. 胜利油区地质研究与勘探实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992. 1~ 187
- 10 徐怀大. 层序地层学理论用于我国断陷盆地分析中的问题[J]. 石油与天然气地质, 1991, 12(1): 52~ 57
- 11 魏魁生. 非海相层序地层学——以松辽盆地为例[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 1~ 115
- 12 魏魁生, 徐怀大. 华北典型箕状断陷盆地层序地层学模式及其与油气赋存关系[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1993, 18(2): 139~ 149
- 13 魏魁生, 徐怀大. 二连盆地白垩系非海相沉积层序地层学特征[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1994, 19(2): 181~ 193
- 14 徐怀大. 陆相层序地层学研究中的某些问题[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 83~ 89
- 15 魏魁生, 李培柱, 龙更生. 孤北地区断阶式坡折沉积层序特征与隐蔽圈闭预测[J]. 现代地质, 2003, 17(3): 303~ 310
- 16 徐怀大. 寻找非构造油气藏的新思路[J]. 勘探家, 1996, 1(1): 43~ 45

(上接第 518 页)