

伊通盆地梁家地区奢岭组混源扇三角洲内幕结构

石万忠, 孔 敏, 宋志峰

中国地质大学资源学院石油系, 湖北武汉 430074

摘要: 伊通盆地梁家地区(二号断层上盘)钻井揭示奢岭组是该区主要的油气富集层, 目前研究结果认为奢岭组储集层是由两个方向的扇三角洲混合沉积形成, 但由于资料有限, 应用常规方法无法清楚地认识两个不同方向的物源混合沉积的扇三角洲的内幕特征以及这两个物源如何动态地控制着砂体的分布, 影响了对该区油气储集层的深入认识. 应用地震和地质资料, 在波阻抗反演结果二次解释的基础, 解析了这两个混合物源扇三角洲的内幕特征和演化特征, 得出 3 个结论: (1) 伊通盆地梁家地区奢岭组至少有 4 期扇三角洲沉积, 每期扇三角洲的沉积范围由下向上逐渐扩大, 反映了基准面逐渐下降的过程; (2) 奢岭组的 4 期扇三角洲是由两个物源混合沉积形成, 这 4 期扇三角洲逐渐由受从二号断层来的物源控制为主, 变为由受从北东方向来的物源控制为主; (3) 基于波阻抗体进行的砂层组解释和分析, 能够清楚地分析扇三角洲沉积体的内幕结构, 是应用波阻抗进行高分辨率地震分析和应用的一种新的分析方法.

关键词: 扇三角洲; 物源; 波阻抗解释; 奢岭组; 伊通盆地.

中图分类号: P618; P631.4

文章编号: 1000-2383(2008)03-0365-06

收稿日期: 2007-12-16

Multi-Provenance Fan Delta in the Sheling Formation, Liangjia Area, Yitong Basin, China

SHI Wan-zhong, KONG Min, SONG Zhi-feng

Department of Petroleum Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: Founding lithologic reservoir is of greater potential as the exploration changing from the structural reservoir into the lithologic reservoir, while the reservoir analysis is the focus of the lithologic reservoir exploration. In the Liangjia area, Yitong basin, drilling shows that most of oil & gas reservoirs lie in the Sheling Formation, which belong to the fan delta facies deposited jointly by two provenances. A new method is needed to analyze this fan delta detail and its control on the reservoir because of the big space of wells in the study area. In this paper, a new analysis method and idea on the fan delta deposited jointly is presented on the basis of the interpretation of the sandstone in the impedance cube and the shape of the different layers of sandstone created on the map, then the details of fan delta are analyzed. Three major findings are as follows: (1) Fan deltas of four periods are identified in the Sheling Formation, expanding gradually in the area; (2) The fan deltas were deposited jointly by the two provenances, which controlled different layers of sandstone; (3) The application of impedance cube offers a new approach to interpret, analyze the different layers of sandstone, and to identify the fan delta facies.

Key words: fan delta; provenance; impedance interpretation; Sheling Formation; Yitong basin.

随着由构造油气藏勘探向岩性油气藏勘探的战略转变, 岩性油气藏探明储量所占比重越来越大, 已经成为我国陆上油气勘探的一个重要方向. 在岩性油气藏勘探中, 对油气储集层研究更显突出, 特别是对沉积砂体的内幕结构分析已经成为岩性油气藏勘探研究的重点和主要突破口. 伊通盆地梁家地区(二号断层上盘)钻井揭示奢岭组是该区主要的油气富集层, 是伊通盆地油气勘探的主要潜力地区. 通过常

规地震属性分析认为奢岭组储集层是由两个方向的扇三角洲混合沉积形成,但对于这两个扇三角洲的内幕特征以及相互作用如何动态地控制着有利砂体的分布特征,由于本区钻井资料较少,应用常规的层序地层学和钻井砂体对比方法无法作进一步深入研究,这直接影响了对该区油气储集层的深入认识,增加了本区岩性油气勘探的风险.本文应用地震反演方法,首次依据反演结果进行二次解释,确定不同期次扇三角洲外形,再进行内幕结构分析的思路,解析了这两个混合物源扇三角洲的内幕特征和演化特征,为本区的岩性油气藏勘探提供了新的证据和思路.

1 地质概况

伊通盆地位于郯庐断裂系的北延部分——佳伊地堑系的南端,位于长春市和吉林市两地之间,盆地以北是吉林海西晚期褶皱带,以南是呼兰—青龙村加里东褶皱带,西部隔大黑山是松辽盆地,东部是哈达岭.盆地呈 NE 向窄长形展布,南北长约 300 km,东西宽 10~20 km,面积约 3 400 km²,盆地被 NNE 向边界断裂夹持,NW 向断裂横切,总体表现为隆凹相间的构造格局,自南向北依次为莫里青断陷、鹿乡断陷、岔路河断陷(陆永潮等,1999;刘召君,2003;孙连浦等,2005)(图 1).根据基底起伏、沉积物厚度和断裂活动,又可进一步细分出次级构造单元,自西

南向东北主要有:靠山凹陷、鞍山断阶带、尖山凸起带、大南凹陷、五星构造带、梁家构造带、新安堡构造带、万昌构造带、波—太凹陷和孤店子斜坡带.

依据钻井、测井及古生物资料,伊通盆地地层自下而上主要发育有前第三系、双阳组、奢岭组、永吉组、万昌组、齐家组、岔路河组和第四系.其中双阳组、奢岭组、永吉组是主要的油气勘探目的层段.研究区位于梁家构造带(二号断层上盘),该区在奢岭组时,有两个不同方向的物源,沉积了混源复合扇三角洲,扇三角洲砂岩是本区油气的主要储集层.

2 扇三角洲内幕解析方法和思路

为了精细分析扇三角洲的结构特征,前人依据现代沉积的扇三角洲模型、古代扇三角洲的露头考察、沉积水槽实验模拟和盆地内勘探程度较高的密井网区扇三角洲的岩心和电性分析,建立了扇三角洲在不同沉积背景下的沉积模型(贾爱林等,2000a,2000b;张春生等,2000,2003;赵俊青等,2004;陈程等,2006;王世虎等,2007),为扇三角洲的沉积相划分和油气勘探奠定了基础.从对盆内(地下)扇三角洲的分析方法上来看,在勘探阶段,主要是在已建立的扇三角洲模型指导下,对扇三角洲的反射特征和钻井资料在纵向上的反映进行分析研究,建立宏观扇三角洲模型.常规地震属性往往也能够有效反映扇三角洲的分布,但由于地震层位解释精度的限制,地震属性反映的是复合扇三角洲形态,其内部不同期次砂体的展布特征无法反映.而对于多源沉积的复合扇三角洲更无法应用常规的研究方法,因此必须寻找一种新的研究方法分析研究区内的复合扇三角洲,才能为本区的岩性油气藏勘探提供新的方法和思路.

伊通盆地梁家地区钻井较少,地震资料品质较好.针对本区的地质特点和资料特点,采用了如下的分析方法和研究思路:(1)优选对本区砂体最敏感的电测曲线,重构伪声波曲线,反演波阻抗体;(2)在波阻抗体的剖面上解释不同期次的砂层组,从外形上建立不同期次砂层组的分布特征;(3)在砂层组外形确立的基础上,依据每一砂层组内波阻抗的变化,解析扇三角洲的内部结构.

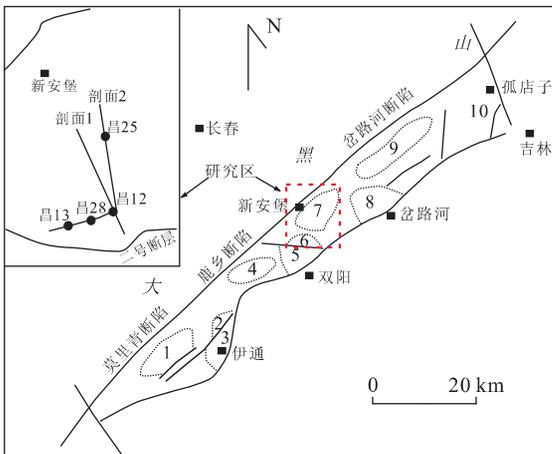


图 1 伊通盆地构造单元

Fig. 1 Structural unites in Yitong basin

1. 靠山凹陷; 2. 马鞍山凹陷; 3. 尖山隆起带; 4. 大南凹陷; 5. 五星构造带; 6. 梁家构造带; 7. 新安堡凹陷; 8. 万昌构造带; 9. 波—太凹陷; 10. 孤店斜坡带

3 扇三角洲的砂层组解释

钻井资料约束下反演的波阻抗体能够清楚地反映砂体的分布特征(段云卿等,2007),而常规地震体仅能通过地震相的变化反映沉积体的分布,因此从对砂体的识别精度来看,波阻抗对砂体的识别精度要远高于地震体,而且,波阻抗的物理意义明确,依据波阻抗解释的砂层组要远比在地震剖面上解释的砂层组可靠.从图2中可以清楚看出,地震剖面仅仅能够反映出复合扇三角洲的宏观形态(图2a),反映不出复合扇三角洲内部砂体的形态,而在波阻抗反演剖面上不但能够清楚地显示出4期扇三角洲的沉积而且也清楚地反映了扇三角洲的前积特征(图2b).因此,基于波阻抗体的砂体解释和追踪是进行地震高分辨率储层研究的重要方法,也是在钻井资料较少条件下,进行沉积体内幕分析的最好方法和途径.

图3是图1中3口井的连井剖面图,从图3中可以看出,奢岭组的砂体主要分布在昌12、昌28井区域,在昌25井区主要以泥岩沉积为主.综合电测

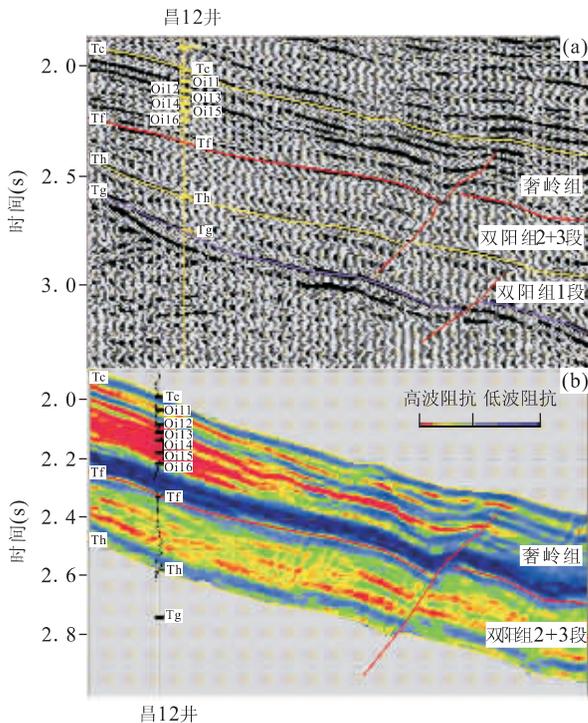


图2 地震剖面和波阻抗剖面对砂体反映对比图(图1中剖面1)
Fig. 2 Indicative sandstone respectively by the seismic section and the impedance section

a. 地震剖面; b. 波阻抗剖面

曲线和录井岩性分析,奢岭组可以分为4个砂层组.第I砂层组在昌28井区厚度远大于昌12井区的砂岩厚度,这是由于图4中所示断层错断了昌12井第I砂层组,使得昌12井区的砂岩厚度减薄;第II砂层组在昌28井区和昌12井区厚度类似,且都有厚层单砂体沉积;第III砂层组和第IV砂层组在昌28井区主要以中、薄层砂体沉积为主,而在昌12井区主要以中、厚砂体沉积为主,无论是单砂体厚度还是总的砂体厚度,昌12井区远大于昌28井区的砂体厚度.这4个砂层组的特征在图4波阻抗剖面中有清楚的反映,图4中显示在昌12井区的高波阻抗指示的砂体厚度大,而在昌28井区高波阻抗所指示的砂体厚度减小,与图3中的砂体分布特征一致.

总体来说,连井波阻抗剖面(图4)显示的4期砂层组可以与图3中钻井揭示的4期砂层组对应得较好,表明能够应用反演的波阻抗体解释和追踪砂体.

在波阻抗剖面上,对奢岭组内钻井和波阻抗反映的这4期砂层组进行了详细的解释,解释出了这4期砂层组的分布范围(图5).图5显示从第IV砂层组到第I砂层组,砂层组的展布范围越来越大,而且逐渐向湖盆中心推进,清楚地反映了基准面下降的特点,这与奢岭组晚期构造抬生剥蚀的认识是一致的.

图5所解释出的4期砂层组实际上是4期扇三角洲,也就是说,这4期砂层组由4期扇三角洲沉积形成,总体上构成了图2a地震剖面中所示的复合扇三角洲.

4 扇三角洲内幕结构分析

在奢岭组内依据高波阻抗砂层的分布,解释出4期扇三角洲,每期扇三角洲由于沉积物源和内部沉积微相的差异,必然使得高波阻抗相对大小不同,因此可以应用高波阻抗的相对变化来分析扇三角洲的内部结构和物源的变化.由于研究区内砂岩波阻抗高于泥岩波阻抗,因此,在固定时窗内,波阻抗越大表明砂体越厚.应用固定时窗内的波阻抗的变化就可以分析不同期次扇三角洲的沉积相分布和特点.

图6是在固定时窗内的波阻抗分布图,从图6a中可以清楚地看出,高波阻抗显示的扇三角洲分支或分流河道表明第IV期砂层组为南东方向(二号断层方向)来的单物源扇三角洲所沉积.第IV期砂层组

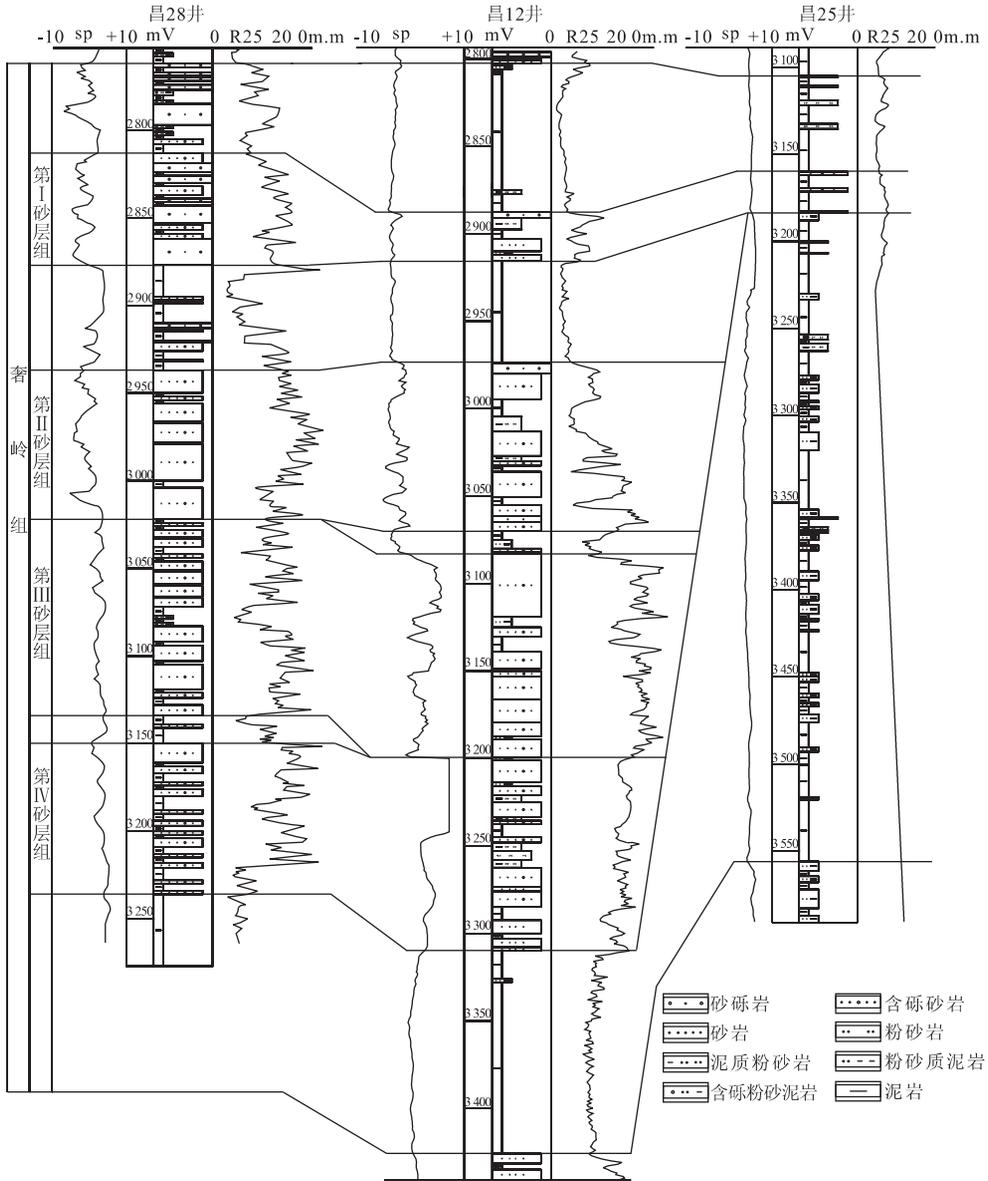


图 3 连井砂层组对比剖面

Fig. 3 Sandstone indicated by the drilling

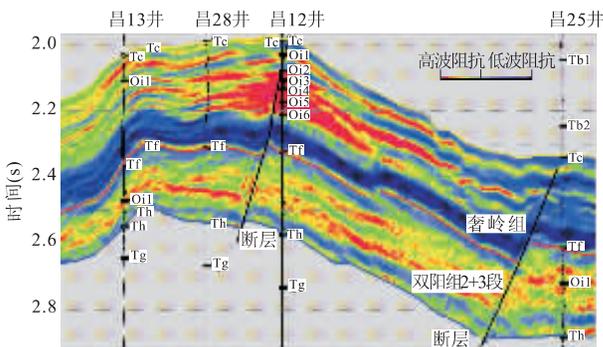


图 4 连井波阻抗反演剖面(图 1 中剖面 2)

Fig. 4 Impedance section of intersecting wells

沉积范围局限于昌 12 井和昌 28 井区域,昌 12 井钻于分支河道上。昌 12 井在第 IV 期砂层组时为扇三角洲前缘沉积,主要以分流水道和砂坝沉积为主。昌 28 井位于分支河道的末段,这与图 3 中昌 28 井所显示的薄互层砂泥岩和反旋回沉积的特征表明的扇三角洲前缘特征相符。从砂体厚度上来看,昌 12 井区的高波阻抗指示的厚层砂体与昌 28 井区低波阻抗指示的薄层砂体特征,与图 3 和图 4 显示的昌 12 井区砂层厚度大而昌 28 井区砂层厚度小的特征非常吻合。

图 6b 显示的第 III 期砂层组除了有南东方向(二

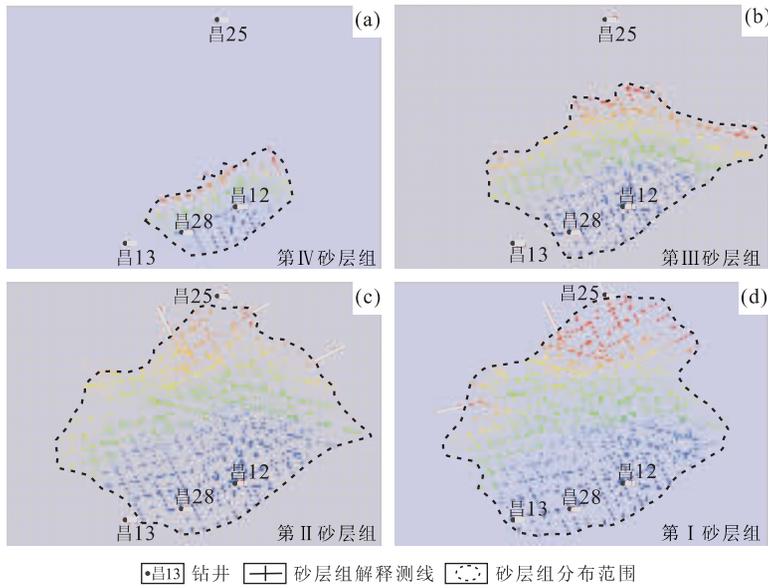


图 5 梁家地区奢岭组 4 个砂层组分布特征

Fig. 5 Four layers of sandstone distribution in Sheling Formation, Liangjia area

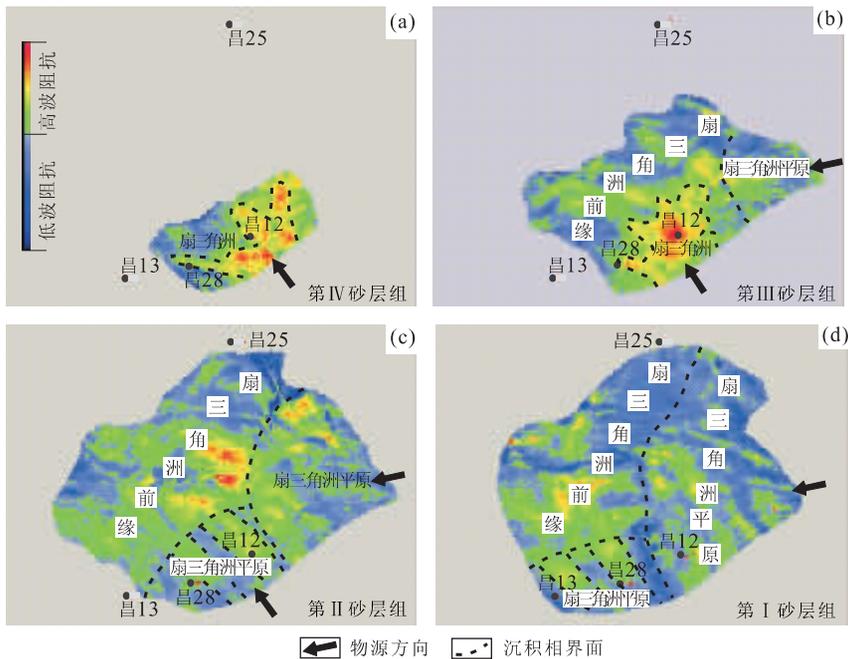


图 6 梁家地区奢岭组 4 期砂层组固定时窗内波阻抗分布

Fig. 6 Impedance map of the four layers of sandstone in Sheling Formation, Liangjia area

号断层方向)来的扇三角洲沉积之外,还有来自北东方向的扇三角洲沉积,但相对于南东方向清楚的扇三角洲的分支河道来说,北东方向来的扇三角洲分支河道特征不明显,但依据整个扇三角洲的外形和南东方向的扇三角洲分布范围,仍可以判断出来自于北东方向的扇三角洲沉积. 第 III 期砂层组沉

积范围相对于第 IV 砂层组的扇三角洲来说扩大了很多. 昌 12 井位于南东方向来的扇三角洲沉积中心,从图 3 电测曲线和地层沉积旋回来看,在该砂层组沉积以近乎对称性旋回(正旋回和反旋回沉积厚度近乎相等),表明沉积相主要为扇三角洲平原—扇三角洲前缘过渡性沉积. 昌 28 井位于分支河道的末

段,这与图 3 中昌 28 井所显示的以中薄层砂体与薄层泥岩互层为特征反映的扇三角洲前缘沉积特征一致。

图 6c 显示的第 II 期砂层组是由南东方向(二号断层方向)来的扇三角洲和北东方向来的扇三角洲混合沉积形成,在该期主要以北东方向来的扇三角洲沉积为主,而南东方向的扇三角洲分支河道特征明显。昌 12 井位于分支水道内,且波阻抗较高,表明砂体厚度较大,图 3 显示昌 12 井在该时期的厚层砂体主要为扇三角洲平原的分支水道沉积。昌 28 井位于分支水道边,波阻抗也较高,砂体厚度也较大,与图 3 中的砂体对比特征一致。

图 6d 显示的第 I 期砂层组也是由南东方向(二号断层方向)来的扇三角洲和北东方向来的扇三角洲混合沉积形成,在该期主要以北东方向来的扇三角洲沉积为主,而南东方向的扇三角洲分支河道特征明显。在该期整个砂层组的沉积范围又进一步扩大,南东方向的扇三角洲平原也向昌 13 井方向迁移。从波阻抗的相对变化来看,昌 12 井区波阻抗较低,昌 28 井区的波阻抗较高,从图 3 中昌 28 井的曲线和岩性呈正旋回特征来看,为典型的扇三角洲水道沉积,而昌 12 井区砂体厚度减薄固然有因图 4 所示的断层错断所致,也有沉积相的差异原因。

总体上来说,梁家地区奢岭组可以分为 4 期扇三角洲,第 IV 期扇三角洲主要由南东方向来的物源沉积形成;第 III 期扇三角洲由南东方向和北东方向的物源混合沉积形成,但主要以南东方向的物源沉积为主;第 II 期扇三角洲与第 I 期扇三角洲由南东方向和北东方向的物源混合沉积形成,但主要以北东方向的物源沉积为主。单从南东方向(二号断层方向)来的扇三角洲沉积微相变化来看,由第 IV 和 III 期扇三角洲以扇三角洲前缘沉积相为主过渡到第 II 期和第 I 期扇三角洲以扇三角洲平原沉积相为主,充分表明在梁家地区奢岭组构造抬升的特征,与前面所提到的这 4 期砂层组外形变化反映的构造抬升特征一致。

5 结论

(1)伊通盆地梁家地区奢岭组至少有 4 期扇三角洲沉积,每期扇三角洲的沉积范围由下向上逐渐扩大,反映了基准面逐渐下降的过程。(2)奢岭组的 4 期扇三角洲是由两个物源混合沉积形成,这 4 期

扇三角洲逐渐由受从二号断层来的物源控制为主变为由受从北东方向来的物源控制为主。(3)基于波阻抗体进行的砂层组解释和分析,能够清楚地分析扇三角洲沉积体的内幕结构,是应用波阻抗进行高分辨率地震分析和应用的一种新的分析方法。

References

- Chen, C., Sun, Y. M., Jia, A. L., 2006. Development and application of geological knowledge database for fan-delta front in the dense spacing area. *Acta Petrolei Sinica*, 27(2): 53-57 (in Chinese with English abstract).
- Duan, Y. Q., Wang, Y. C., Qin, T., et al., 2007. Application of reservoir seismic inversion at Damintun sag in Liaohe oilfield. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 32(4): 554-558 (in Chinese with English abstract).
- Jia, A. L., Chen, L., Mu, L. X., et al., 2000a. A study on sedimentary simulation of fan-delta outcrop. *Acta Petrolei Sinica*, 21(6): 107-110 (in Chinese with English abstract).
- Jia, A. L., Mu, L. X., Chen, L., et al., 2000b. Approach for detailed study of reservoir outcrop. *Acta Petrolei Sinica*, 21(4): 105-108 (in Chinese with English abstract).
- Liu, Z. J., 2003. Lacus subaqueous fan sedimentary characteristics and influence factors—A case study of Shuangyang Formation in Moliqing fault subsidence of Yitong basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 21(1): 148-154 (in Chinese with English abstract).
- Lu, Y. C., Ren, J. Y., Li, S. T., et al., 1999. Depositional sequences of Yitong graben (eastern China) and its response to transform-extensional processes. *Petroleum Geology & Experimental*, 21(3): 232-236 (in Chinese with English abstract).
- Sun, L. P., Liu, Z. J., Mao, T. J., et al., 2005. Sedimentary features of submarine fan in Shuangyang Formation, Moliqing faulted depression, Yitong basin. *Global Geology*, 24(2): 137-143 (in Chinese with English abstract).
- Wang, S. H., Jiao, Y. Q., Wu, L. Q., et al., 2007. Spatial combination of paleoprovenance and depositional lobe of mid-lower Yanchang Formation in the northwest of Ordos basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 32(2): 201-208 (in Chinese with English abstract).