

文章编号: 1000-0550(2007) 04-0554-10

渤海湾盆地辽东湾地区古近系地震相研究

董艳蕾^{1,2} 朱筱敏^{1,2} 李德江^{1,2} 杨俊生^{1,2} 张玉银^{1,2} 朱世发^{1,2}

(1. 中国石油大学(北京)资源与信息学院 北京 102249; 2. 中国石油大学(北京)油气成藏机理教育部重点实验室 北京 102249)

摘要 对辽东湾地区古近系地层进行了研究,选择了可信度较高的地震反射内部结构和外部形态,辅助地震反射振幅、连续性等参数,对地震相进行了划分命名。在研究区 6 个地震层序中共识别出平行—亚平行席状地震相、前积地震相、楔状地震相、充填状地震相、透镜状地震相、丘状地震相及乱岗状地震相等多种类型。这些地震相在平面分布上具有差异性,在垂向演化上具有继承性。将地震相转变为沉积相,划分出了湖泊沉积环境的深湖—一半深湖、滨浅湖、扇三角洲、近岸水下扇、三角洲、浊积扇等沉积相,预测出了有利沉积相带。

关键词 地震层序 地震相 辽东湾地区 古近系

第一作者简介 董艳蕾 女 1972 年出生 工程师 在读博士生 层序地层学及沉积地质学 E-mail: yanleidong@163.com

中图分类号 P539.2 TE121.3 文献标识码 A

辽东湾地区位于渤海东北部海域,南界大致为辽东半岛南端(老铁山)与河北省秦皇岛市连线,面积约 $1.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。对渤海湾盆地、渤海海域及辽东湾地区的古近系,许多油气地质工作者在构造、沉积、油藏等方面做了系统的研究工作^[1-8],取得了很好的成果。但是,到目前为止,对沉积体系及沉积相的研究主要是以岩石地层为单元进行的,应用层序地层学的原理与方法进行的研究工作多局限在局部地区某一区块。2002 年徐长贵、许效松等就曾针对辽西凹陷中南段做过层序地层和沉积体系研究,但由于工区内钻井较少,精细研究受到一定限制^[9]。随着油田勘探工作的深入,迫切需要加深对整个辽东湾地区地质认识,2004 年开始,我们对该区开展首次全区大面积的层序地层及沉积体系研究,获得了一定的认识。依据这些认识在金县 1-1-1 区块部署的探井喜获工业油气流,取得了较好的效果。

1 地质概况

在构造区划上,本区为渤海湾盆地的一个次级构造单元,是下辽河拗陷在海域的延伸部分。辽东湾地区划分为三凹两凸共五个次级构造单元,自西向东分别是辽西凹陷、辽西凸起、辽中凹陷、辽东凸起、辽东凹陷。各构造单元均呈北东—南西向展布,且相互平行,垂直盆地走向呈现凸起—凹陷相间的构造格局(图 1)。

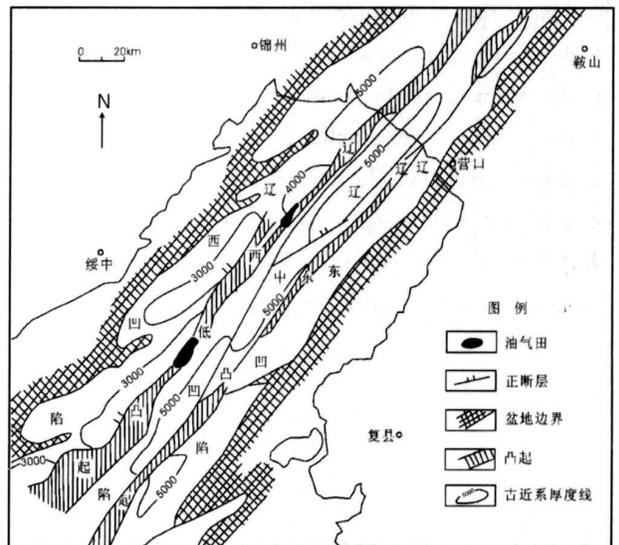


图 1 渤海湾盆地辽东湾地区构造单元划分图

(据徐长贵, 2005)

Fig 1 Tectonic division of Liao Dong Bay, Bohai Basin (after XU Changgui 2005)

辽东湾地区古近系自下而上包括:孔店组、沙河街组和东营组。孔店组以泥岩与碳酸盐岩互层为主。沙河街组下部为灰色灰岩、云岩与膏岩互层,中部为深灰、灰褐色泥岩夹中—粗砂岩;上部为生物碎屑灰岩。东营组中下部为灰色泥岩夹砂岩,上部为杂色泥岩与砂岩互层。孔店组主要为水下扇、湖泊沉积;沙

河街组主要为扇三角洲、冲积扇、水下扇、湖泊及碳酸盐台地沉积; 东营组主要为三角洲、河流和湖泊沉积。

2 研究思路

根据研究区面积大, 控制井点很不均匀的具体特点, 我们确立了以下研究思路: 依据地震反射终止关系和地震反射波组特点, 进行地震资料各级层序界面识别和地震层序划分; 依据地震反射内部结构和外部形态识别地震相类型, 在编制地震相平面图的基础上, 确定地震相的平面分布; 利用 VSP 或合成地震剖面, 进行地震层序的年代标定, 建立地震相与关键井沉积相之间的有机联系; 地震相分析结合关键井沉积旋回和测井响应特点的研究, 进而将地震相转化为沉积相, 以指导本区有利砂体分布预测。

其中, 地震相分析是层序地层学研究的主要内容之一, 在点面结合过程中起到重要作用。它以地震层序为单元, 在层序框架内进行地震相的研究, 强调了研究对象的等时性, 从而更能刻画该层序发育期的沉积特征以及平面分布, 因此对本区有着重要意义。

3 地震层序划分

地震层序是层序地层学用以研究岩相古地理、构造地质及确定不同类型体系域的基础, 反映地震层序界面的反射终端类型包括削蚀、顶超、上超、下超和整合^[10-11]。通过对辽东湾地区 80 多条骨干地震剖面的层序地层解释与对比追踪, 确定了辽东湾地区的地震层序划分方案(表 1, 图 2), 将辽东湾古近系共划分为 6 个地震层序, 即 SE_{S4}-Ek, SE_{S3}、SE_{S1+2}、SE_{D3}、

表 1 辽东湾地区古近系层序地层划分方案

Table 1 Sequence strata of Paleogene in Liaodong Bay

地层 统组段	岩性剖面	地震反射	绝对年龄 (Ma)	层序界面	层序		古生物	古盐度			湖平面 变化曲线	沉积环境	构造演化
					体系域	层序		介形类演化	淡水	少盐			
渐新组	一段	T2	24.0	SB ₂	HST	SE _{D1}	灭绝					三角洲	IV 幕
					EST							滨浅湖	
					LST							湖底扇	
	二段	T3 ¹	28.1	SB ₃ ¹	HST	SE _{D2}	繁盛					三角洲	IV 幕
					EST							滑塌	
					LST							浊积扇	
					LST							滨浅湖	
	三段	T3 ²	32.8	SB ₃ ²	HST	SE _{D3}	兴起					三角洲	IV 幕
					EST							浅-半深湖	
					LST							湖底扇	
沙河街组	一段	T3	32.8	SB ₁	HST	SE _{S1}	灭绝				三角洲	IV 幕	
					EST						碳酸盐台地		
					LST						湖底扇		
	二段	T4	38.0	SB ₄	HST	SE _{S2}						扇三角洲	IV 幕
					EST							滨浅湖	
					LST							湖底扇	
三段	T5	38.0	SB ₁	HST	SE _{S3}	繁盛					扇三角洲	III 幕	
				EST							浅湖		
				LST							半深湖		
				LST							近岸水下扇		
四段	T6	42.0	SB ₄ ³	HST	SE _{S4}						扇三角洲	II 幕	
				EST							滨浅湖		
孔店组	T7 ¹	50.4	SB ₇ ¹	HST	SE _K	兴起					干盐湖	I 幕	
				EST									
古新统	T8	65.0	SB ₈	LST									

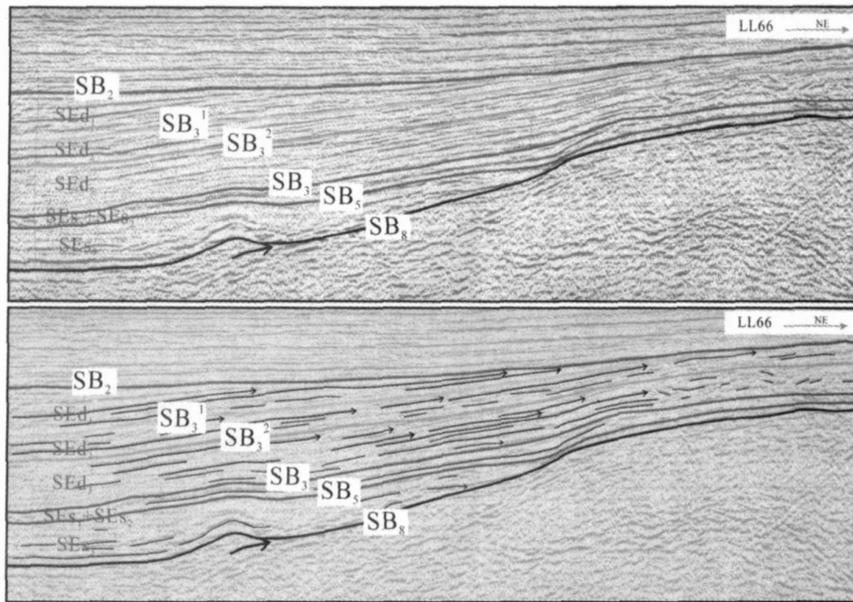


图 2 辽东湾古近系层序划分和层序界面反射特征

Fig 2 The division of sequence and the reflectance signature of sequence boundaries of Paleogene in Liaodong Bay

SEd₃、SEd₂、SEd₁。各层序沉积时期湖盆的水体变化受控于构造因素,具有以下的特点:SE_{s1}-Ek层序沉积时期是盆地形成的初始裂陷期,辽东湾地区由一系列小湖盆组成,水体较深;SE_{s3}层序沉积时是盆地的快速裂陷期,统一的盆地基本形成,湖盆水体继续加深;SE_{s1+2}层序沉积时盆地由快速断陷转为缓慢沉降,湖盆范围广、水体变浅;东营组各层序沉积时是辽东湾地区的又一个裂陷幕,SEd₃-SEd₁层序又重复了水体由深变浅的过程。

4 地震相类型及特征

地震相是指具有一定分布范围的、由地震反射层组成的三维地质单元,其地震参数不同于相邻的地震相单元。本文主要利用地震反射内部结构和外部形态去描述各层段地震相类型,再辅助地震反射同相轴的振幅和连续性等地震参数来描述地震相类型^[12-19]。根据上述地震反射参数,辽东湾地区古近系发育多种地震相类型,其中平行-亚平行席状相、前积楔状相、上超充填相、杂乱充填相最为发育(表 2)。

4.1 平行席状地震相

研究区平行席状地震相是由一组平行的地震反射同相轴构成,以中强振幅、中好连续性、平行反射结构为特征,与上下反射层呈平行接触关系,其外部几何形态多为席状(表 2)。该地震相反映了在一个沉

积区域内相对稳定的、沉积水动力能量中等偏低的沉积相组合,以泥岩沉积为主,夹薄层粉细砂岩,砂地比一般小于 10%。平行席状相在研究区的分布范围较小,主要集中在辽中凹陷中南部,一般代表半深湖、滨浅湖亚相,岩性由浅灰色、灰色和灰绿色块状泥岩和浅灰色粉细砂岩构成,GR 曲线呈微齿状,RT 曲线幅度变化不大。

4.2 亚平行席状地震相

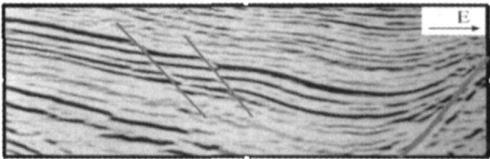
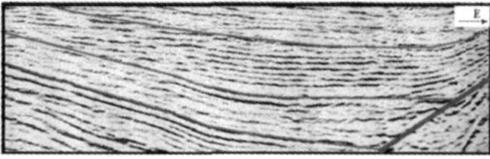
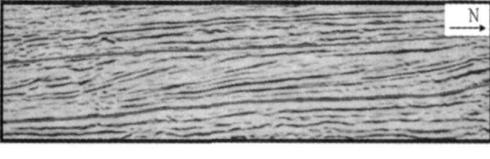
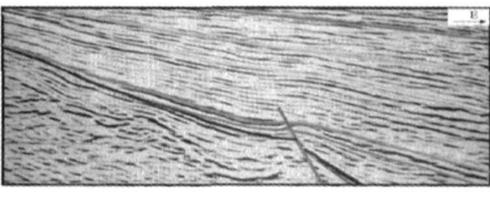
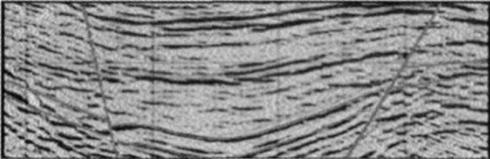
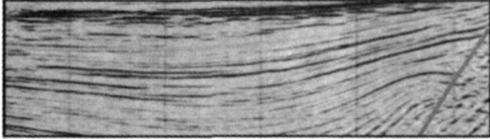
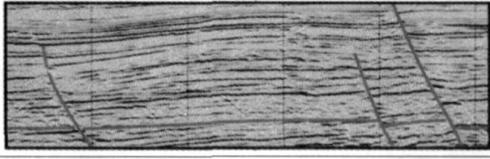
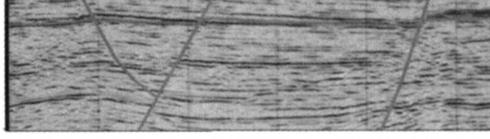
亚平行席状地震相是由一系列反射振幅变化的、相互不平行的地震反射同相轴构成,以中弱振幅、中低连续性、亚平行反射结构为特征(表 2),常反映水动力能量较弱或变化较大、沉积作用相对不太稳定的沉积环境,例如滨浅湖、扇三角洲前缘和辫状河三角洲前缘亚相。该地震相是研究区内分布最为广泛的地震相之一,在六个层序中均有分布,但不同层序的分布范围有所不同,总体规律是自下而上分布面积逐渐增大。

4.3 前积地震相

前积地震相是由一组向同一方向倾斜的同相轴组成的,与其上覆和下伏的平坦同相轴成角度或切线相交,在地震剖面上极易识别。研究区的前积结构可分为三种类型,即“S”型前积、高角度斜交前积型和低角度斜交前积型。该地震相外形主要为楔状,振幅一般为中等,连续性为中等或中、差连续,也有部分好连续(表 2)。它是三角洲体系向盆地方向迁移过程

表 2 辽东湾地区古近系主要地震相类型

Table 2 The main types of seismic facies of Paleogene in LiaoDong Bay

地震相类型	分布位置及层序	对应沉积相	图示	
席状地震相	强振幅—好连续—平行席状相	辽中凹陷中部 SEd ₃ 、SEs ₁₊₂	浅湖—半深湖 三角洲前缘	
	中、强振幅—中、好连续—平行席状相	辽中凹陷中部 SEd ₂ 、SEd ₃ 、SEs ₁₊₂ 、 SEs ₃	滨浅湖、半深湖	
	中振幅—中、好连续—亚平行席状相	辽西凹陷北部 SEd ₂ 、SEs ₁₊₂	滨浅湖、扇三角洲前缘、辫状河三角洲前缘	
	中振幅—中、差连续—亚平行席状相	各地区均有 6 个层序	滨浅湖、三角洲平原、三角洲前缘	
前积地震相	中、强振幅—中、好连续—前积—楔状相	辽东湾南部 辽中凹陷北部 SEd ₂	三角洲前缘	
	中、弱振幅—中、差连续—前积—楔状相	各区均有分布 辽东湾北部较发育 SEd ₁ 、SEd ₃ 、SEs ₃	三角洲前缘	
楔状地震相	中振幅—中、差连续—上超—楔状相	辽东湾中北部 6 个层序	滨浅湖、半深湖、 三角洲前缘	
	中振幅—中、差连续—发散—楔状相	凹陷边缘 大断层下降盘 SEd ₁ 、SEd ₂ 、SEd ₃	滨浅湖、三角洲平原、 三角洲前缘	
	中振幅—中、差连续—充填—楔状相	凹陷边界大断层根部和凸起区附近 SEd ₁ 、SEd ₃ 、SEs ₃	近岸水下扇	
充填状地震相	中、弱振幅—中、差连续—上超—充填相	辽中凹陷中南部、 辽西凹陷中部 SEd ₁ 、SEs ₃	三角洲前缘、扇三角洲平原、滨浅湖	
	中、弱振幅—中、差连续—杂乱—充填相	辽中凹陷南部和 辽西凹陷北部 SEd ₃ 、SEs ₃	三角洲前缘 和滨浅湖亚相	
透镜状地震相	中振幅—中连续—透镜状地震相	三角洲的前端 SEd ₂ 、SEd ₃ 和 SEs ₃ 层序	滨浅湖沉积环境中的深水浊积	
丘状地震相	中、强振幅—中、好连续—丘状地震相	辽东湾地区南部 SEd ₁ ~ SEs ₃	三角洲前缘	
乱岗状地震相	中、弱振幅—中、差连续—乱岗状地震相	辽中凹陷南北两端 SEd ₁ 、SEd ₂ 和 SEd ₃ 层序	滨浅湖、前三角洲或三角洲前缘	

中沉积在前三角洲环境内岩相的地震响应,岩性剖面主要由灰白色、浅灰色砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩组成。正韵律水下分支河道沉积可粗略显现出河流的“二元结构”,反韵律河口坝及远砂坝沉积也比较常见。GR 电测曲线具有由下而上呈齿状、漏斗形、箱形、指状和钟形特征,RT 曲线基本与 GR 曲线对应相反。辽东湾地区的前积反射结构极其发育,尤其是在 SE_{d_3} 层序中可见到广泛的分布。

4.4 楔状地震相

楔状地震相由一系列反射振幅中等、连续性中等至差的反射同相轴组成,厚度向凹陷中央变薄,剖面形态呈楔状。由于沉积背景的差异,形成的楔状地震相在剖面形态、分布位置上有所差异。研究区的楔状地震相又可细分为上超—楔状、发散—楔状、充填—楔状三种类型。

上超—楔状地震相主要反映滨浅湖环境,在 SE_{d_2} 层序和 SE_{d_1} 层序也代表三角洲前缘亚相。发散—楔状地震相是由一组向湖盆中央厚度加大、向湖盆边缘厚度减薄、呈发散状的地震反射同相轴构成,反映半深湖—滨浅湖、三角洲前缘和三角洲平原环境(表 2)。充填—楔状地震相在 SE_{s_3} 和 SE_{d_3} 层序较为发育,分布在凹陷边界大断层根部和凸起区附近,在 SE_{d_1} 层序主要分布在辽东湾中南部,反映三角洲前缘环境。

4.5 充填状地震相

充填状地震相是指一组平坦、倾斜以及上凸的反射同相轴充填在明显下凹的沉积界面之上。辽东湾地区的充填地震相并不多见,仅在 SE_{d_1} 层序辽中凹陷的中部发育上超式充填地震相,反映湖相沉积环境,沉积物的粒度相对较细;在 SE_{s_3} 层序辽中凹陷南部和 SE_{d_3} 层序辽西凹陷北部发育杂乱充填地震相,一般反映三角洲前缘和滨浅湖亚相(表 2)。

4.6 透镜状地震相

透镜状地震相系指在一组亚平行反射中存在较强振幅、延伸较短的地震反射同相轴,该同相轴向两侧振幅减弱,直至尖灭(表 2)。该地震相主要分布于近岸水下扇和三角洲的前端,多与中振幅中连续的亚平行反射地震相间互,反映的是滨浅湖沉积环境中的滑塌浊积扇。其岩性为含砾细砂岩、细砂岩、粉砂岩和泥岩,GR 曲线齿状,略呈钟形,RT 曲线略呈漏斗形。辽东湾地区的透镜状地震相零星分布在 SE_{s_3} 、 SE_{d_3} 和 SE_{d_2} 层序时期发育的各类三角洲前端。

4.7 丘状地震相

丘状地震相是由一组呈披覆状的同相轴组成,剖面显示中间厚两侧薄的上凸丘形特征。一般来说,丘状相的底界是平直的或略显下凹,与下伏层平行接触,而顶界上凸并被两侧同相轴上超。在辽东湾地区 $SE_{s_3} \sim SE_{d_1}$ 的各个层序沉积时期,均可见到丘状地震相的零星分布,它在联络测线上形态明显,对应于主测线的相应位置一般为发散—楔状地震相。丘状地震相主要发育在辽东湾地区南部,一般反映三角洲前缘沉积环境(表 2)。

4.8 乱岗状地震相

乱岗状地震相由不规则的、不连续亚平行的反射组成,常有许多非系统性的反射终止和同相轴分裂现象,波状起伏幅度小,接近地震分辨率的极限。乱岗状反射结构侧向上常变为比较大的明显的斜坡沉积模式,向上递变为平行反射。乱岗状地震相出现在 SE_{d_3} 、 SE_{d_2} 、 SE_{d_1} 层序沉积时期的辽中凹陷南北两端。该反射结构代表一种分散弱水流或河流之间的堆积,解释为滨浅湖、前三角洲或三角洲前缘(表 2)。

5 地震相的分布规律

5.1 地震相平面分布的差异性

地震资料结合钻井资料,我们就可以将地震相转化为相应的沉积相,例如在过 IX1 井地震剖面上可见 SE_{d_3} 层序低位体系域沉积时期的丘状地震反射,在钻井剖面上为灰色泥岩中夹杂的砂岩沉积,反映浊积扇沉积环境;在湖侵体系域沉积时期,地震剖面为亚平行反射,钻井剖面上主要为大套深灰色泥岩,以滨浅湖沉积环境为主;而高位体系域沉积时期,地震剖面上为明显的前积反射,钻井剖面上以浅灰色砂岩、砂砾岩为主,单层厚度最大将近 200 m,砂地比 70%,反映三角洲前缘沉积(图 3)。

在不同的地区,同一沉积时期或同一层序由于发育了不同的沉积相,因而显示了地震相在平面分布上的差异性。例如,在 SE_{d_3} 层序沉积时期,辽东湾南部和北部的大部分地区主要是三角洲前缘沉积环境,从地震资料看,主要分布了前积地震相;辽中凹陷的中南部和辽西凹陷北部主要分布三角洲前缘和滨浅湖亚相,因此主要分布前积、充填和亚平行地震相(图 4.5)。

5.2 纵向上的继承和演化

辽东湾地区在构造上划分为三凹两凸共五个次级构造单元,各构造单元均呈北东—南西向展布,其中辽西和辽中凹陷为“东断西超”型,而辽东凹陷为“西断东超”型,各凹陷边界大断层控制了沉积中心

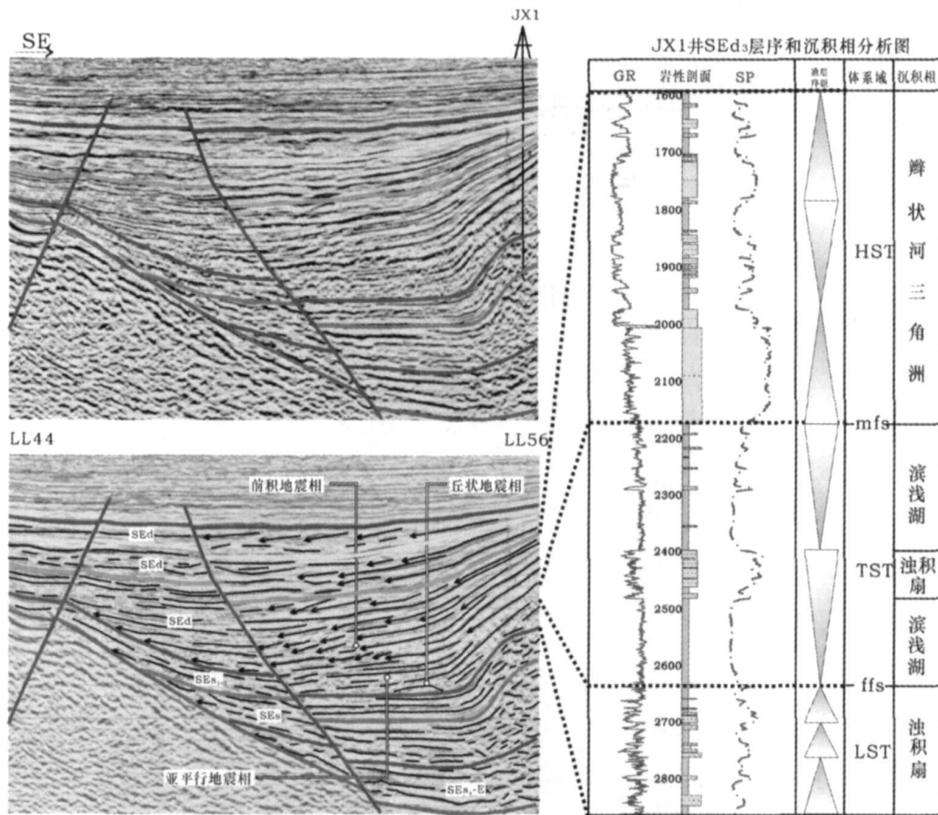


图 3 典型井沉积相—地震相标定图

Fig 3 The calibration map of sedimentary facies and seismic facies in the representative wells

的分布和地震相的展布,而且构造活动的阶段性控制了地震相发育的差异性和继承性(图 6),在早期裂谷阶段的孔店期至沙河街期,沉积体系类型是以扇三角洲、辫状河三角洲及近岸水下扇为主,在晚期断裂阶段的东营期沉积体系类型则以三角洲为主。

SE_{s_4} — E_k 层序沉积时期,辽东湾地区为局限萎缩湖盆,沉积相以扇三角洲和近岸水下扇为主,地震相以杂乱和上超相为主。

SE_s 层序沉积时期,辽东湾地区总体沉积分布局限,由于断层的强烈活动,早期物源补给较充足,沉积相以扇三角洲为主。中期为湖侵期的沉积,沉积相以半深湖、深湖为主,夹有重力流沉积。晚期随着断裂活动的减弱,凹陷区沉积可容空间缩小,在局部发育较粗的扇三角洲沉积。早期和晚期的扇三角洲沉积响应于杂乱和前积地震相,中期响应于平行和亚平行地震相。

SE_{s_3} 层序沉积时期,构造活动较弱、地形平缓,盆地内广泛发育以扇三角洲沉积为主的砂体。 SE_{s_4} 层序沉积时期,盆地表现为比较稳定的浅湖并适度咸化,广泛沉积了一套厚度不大但较稳定的油页岩、碳

酸盐岩、暗色泥岩组合,并在适宜生物生长的浅水台地上发育了生物碎屑灰岩,成为有利油气储集岩之一。 SE_{s_1+2} 层序的沉积类型主要包括扇三角洲、近岸水下扇、湖泊及碳酸盐岩台地,其中扇三角洲、近岸水下扇主要对应杂乱相、空白相和楔形相。

SE_d 层序沉积时期是在 S_{1+2} 层序短暂拗陷基础上形成的再次断陷,沉积相类型以浅湖—半深湖相为主,在地震相上表现为席状地震相,其间的砂岩夹层多为重力流沉积,表现为丘状和透镜状地震相。

SE_d 层序沉积时期,构造活动相对减弱,盆外物源开始大量输入辽东湾地区,形成颇为壮观的大型三角洲沉积,三角洲体系源远流长,分布面积大,多期迭置,响应于前积地震相。前积地震相呈长条状或朵叶状向凹陷中央延伸几十千米,其分布面积、分布位置随物源供给方向的变化而变化,形成了良好的储盖组合发育段。

SE_d 层序沉积时期,断裂作用急剧衰减,过补偿的沉积使湖盆面积急剧缩小,三角洲平原沉积范围扩大,局部发育河流沉积,先前的前积地震相被广泛发育的亚平行地震相所替代。

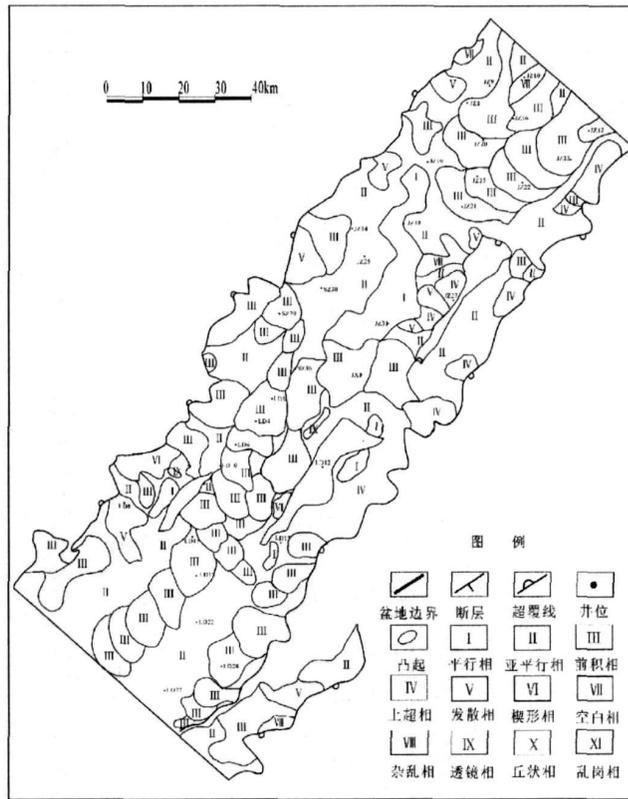


图 4 辽东湾地区 SED₂层序地震相分布图

Fig. 4 Seismic facies of SED₂

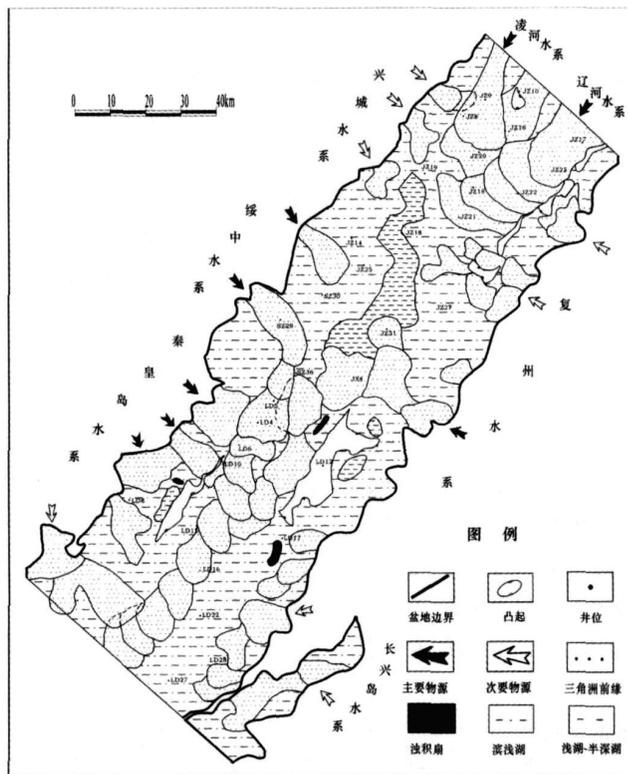


图 5 辽东湾地区 SED₂层序沉积相分布图

Fig. 5 Sedimentary facies of SED₂

6 结论

(1) 沉积相研究是油气勘探工作的基础,但研究区面积大,井位分布很不均匀,在这种情况下,利用地震剖面的反射特征划分地震相,进而综合分析解释转换为沉积相,具有重要的价值。

(2) 根据地震反射参数,从内部反射结构和外部几何形态出发,结合反射同相轴的振幅和连续性,在辽东湾凹陷古近系的地震反射剖面上识别出平行—亚平行席状相、前积相、楔状相、上超充填相、杂乱充填相以及透镜状、丘状、乱岗状地震相类型。据各种地震相的分布规律及指相意义,恢复辽东湾地区古近系地层主要为三角洲体系、近岸水下扇体系和湖泊体系。

(3) 在层序地层框架内研究了地震相的平面分布特征及纵向上的演化。研究表明,地震相在空间上的分布与凹陷结构及构造演化有良好的对应关系,各凹陷边界大断层控制了沉积中心的分布和地震相的展布,而且构造活动的阶段性控制了地震相发育的差异性和继承性。

(4) 地震相与沉积相分析结果表明,研究区主要发育三角洲砂体、辫状河三角洲砂体、扇三角洲砂体、近岸水下扇砂体和深水浊积扇砂体等多种类型,其中沙河街组的扇三角洲、辫状河三角洲砂体以及东营组的三角洲、深水浊积扇砂体是有利的储集相带。

参考文献 (References)

- 1 王国纯. 郯庐断裂与渤海海域反转构造及花状构造. 中国海上油气地质, 1998, 12(5): 289-295 [Wang Guodun. Relationship of Tanlu fault to the inversion and flower structures in Bohai Bay. China Offshore Oil and Gas (Geology), 1998, 12(5): 289-295]
- 2 侯贵廷, 钱祥麟. 渤海湾盆地形成机制研究. 北京大学学报, 1998, 34(4): 503-509 [Hou Guiting, Qian Xianglin. The origin of the Bohai Bay Basin. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 1998, 34(4): 503-509]
- 3 吴兴宁, 周建勋. 渤海湾盆地构造成因观点剖析. 地球物理学进展, 2000, 15(1): 98-107 [Wu Xingning, Zhou Jianxun. The anatomy about the tectonic cause of formation of Bohaiwan Basin. Progress in Geophysics, 2000, 15(1): 98-107]
- 4 刘孟慧, 赵澄林. 辽东湾下第三系砂体微相和成岩作用研究. 石油大学学报(自然科学版), 1994, 18(1): 1-9 [Liu Menghui, Zhao Chenglin. Micro-sedimentary facies and diagenesis of the lower Tertiary in Liaodong Bay. Journal of the University of Petroleum, 1994, 18(1): 1-9]
- 5 陈清华, 刘泽容. 辽东湾盆地南部第三系构造岩相分析. 石油大学学报(自然科学版), 1994, 18(2): 9-13 [Chen Qinghua, Liu Ze-

- rong. Tectono-facies analysis of lower series in the southern part of Liaodong Bay Basin. Journal of the University of Petroleum, 1994, 18(2): 9-13]
- 6 苗丰民, 李淑媛, 李光天, 等. 辽东湾北部浅海区泥沙输送及其沉积特征. 沉积学报, 1996, 14(4): 114-121 [Miao Fengmin, Li Shuyuan, Li Guangtian, et al. Suspended sediment transport tendency and the study of sedimentary divisions in the northern Liaodong Bay. Acta Sedimentologica Sinica, 1996, 14(4): 114-121]
- 7 赵国连, 赵澄林. 渤中凹陷地震—沉积相研究. 成都理工学院学报, 2002, 29(1): 41-48 [Zhao Guolian, Zhao Chenglin. Study on the seismic-sedimentary facies of the Bozhong subsidence. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2002, 29(1): 41-48]
- 8 康竹林, 翟光明. 渤海湾盆地新层系新领域油气勘探前景. 石油学报, 1997, 18(3): 1-6 [Kang Zhulin, Zhai Guangming. Hydrocarbon exploration prospect of new series of strata and new area in Bohaiwan Basin. Acta Petroleologica Sinica, 1997, 18(3): 1-6]
- 9 徐长贵, 许效松. 辽东湾地球辽西凹陷中南部古近系构造格架与层序地层格架及古地理分析. 古地学报, 2005, 7(4): 449-459 [Xu Changui, Xu Xiaosong. Structural and sequence stratigraphic frameworks and palaeogeography of the Paleogene in central-southern Liaoxi Sag, Liaodongwan Bay area. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(4): 450-459]
- 10 朱筱敏. 层序地层学. 山东东营: 石油大学出版社, 2000 [Zhu Xiaomin. Sequence Stratigraphy. Dongying Shandong: Press of University of Petroleum, 2000]
- 11 张喜林, 朱筱敏, 钟大康, 等. 苏北盆地高邮凹陷第三系—上白垩统层序地层格架特征. 沉积学报, 2004, 22(3): 393-399 [Zhang Xilin, Zhu Xiaomin, Zhong Dakang, et al. The character of sequence framework of Tertiary and Upper Cretaceous in Gaoyou Sag, Subei Basin. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(3): 393-399]
- 12 朱筱敏, 信荃麟, 胡庆喜. 东濮凹陷东南部第三系地震地层学研究. 石油大学学报(自然科学版), 1995, 19(6): 1-7 [Zhu Xiaomin, Xin Quanchun, Hu Qingxi. Tertiary seismic stratigraphy in the southeastern Dongpu depression. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 1995, 19(6): 1-7]
- 13 张琴, 朱筱敏, 张满郎. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系地震相研究. 石油大学学报(自然科学版), 2001, 25(1): 72-76 [Zhang Qin, Zhu Xiaomin and Zhang Manlang. Seismic facies of Jurassic system on east Fukang slope in the Jurassic Basin. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2001, 25(1): 72-76]
- 14 张喜林, 朱筱敏, 杨俊生, 等. 苏北盆地高邮凹陷古近系戴南组地震相研究. 西安石油大学学报(自然科学版), 2005, 20(3): 44-47 [Zhang Xilin, Zhu Xiaomin, et al. Study on the seismic facies of Dainan Formation in Gaoyou Sag, Subei Basin. Journal of Xi'an Petroleum University, 2005, 20(3): 44-47]
- 15 刘化清, 廖建波, 房乃珍, 等. 鄂尔多斯盆地环县地区长6沉积体系展布特征. 沉积学报, 2005, 23(4): 584-588 [Liu Huaqing, Liao Jianbo, Fang Naizhen, et al. Distribution characteristics of the Chang 6 sedimentary system (Triassic) in Huanxian area, Ordos basin. Acta

- Sedimentologica Sinica 2005, 23 (4): 584-588]
- 16 蒲仁海, 孙卫, 陈振新, 等. 高分辨率层序地层学在桩 52 块近岸油积扇前积油层对比中的应用. 沉积学报, 1998, 16(4): 21-26 [Pu Renhai, Sun Wei, Chen Zhenxin, *et al.* Application of high resolution sequence stratigraphy to correlation of progradational oil beds of Zh52 turbidite fan reservoir. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 16(4): 21-26]
- 17 宁松华, 张厚福. 古河道解释及在油气勘探中的意义. 沉积学报, 1997, 15(3): 33-36 [Ning Songhua and Zhang Houfu. Palaeochannel interpretation and significance in oil & gas exploration. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(3): 33-36]
- 18 米立军, 刘震, 张功成, 等. 南海北部深水区白云凹陷古近系烃源岩的早期预测. 沉积学报, 2007, 25(1): 139-146 [Mi Lijun, Liu Zhen, Zhang Gongcheng, *et al.* Early forecast and evaluation study on chief source rock in Baiyun depression. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(1): 139-146]
- 19 王伟锋, 金强, 徐怀民, 等. 油藏描述中的沉积相研究. 沉积学报, 1995, 13(1): 94-101 [Wang Weifeng, Jin Qiang, Xu Huamin, *et al.* Study of sedimentary facies in reservoir description. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13(1): 94-101]

Seismic Facies of Paleogene in Liaodong Bay Bohai Basin

DONG Yan-lei^{1,2} ZHU Xiaomin^{1,2} LI De-jiang^{1,2}
 YANG Jun-sheng^{1,2} ZHANG Yu-yin^{1,2} ZHU Shi-fa^{1,2}

(1. Faculty of Natural Resources & Information Technology, China University of Petroleum, Beijing 102249)

2. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism, Ministry of Education, China University of Petroleum, Beijing 102249)

Abstract Seismic facies of Paleogene in Liaodong Bay are divided and named mainly based on the reliable internal reflection texture and external shape of the seismic sequence unit. Amplitude, continuity and other seismic parameters are also used in the description of seismic sequence units. In the study area, six seismic sequences are divided and more than seven seismic facies are identified, including parallel-subparallel mat-shaped, foreset, wedge shaped, filling, lenticular, moundy and hummocky seismic facies, which show differentiation in spatial distribution and hereditability in vertical evolution. The sedimentary facies in the lake environment, including semi-deep-deep lake sub-facies, shallow lake and shore sub-facies, fan-delta, subaqueous alluvial fan, delta, turbidite, etc. The favorable areas are identified.

Key words seismic sequence, seismic facies, Liaodong Bay, Paleogene