

文章编号:1000-0550(2001)03-0363-05

# 歧口凹陷滩海区下第三系层序 地层分析及沉积体系研究

许淑梅<sup>1</sup> 翟世奎<sup>1</sup> 李三忠<sup>1</sup> 周立宏<sup>2</sup>

1(青岛海洋大学 山东青岛 266003) 2(大港油田集团公司 天津大港 300280)

**摘要** 利用地震、测井、岩心等资料,通过对该区进行层序地层学的分析和研究,把歧口凹陷滩海区下第三系划分出一个二级层序,六个三级层序,并对每个层序的主控成因进行了详细的研究,总结出构造层序和气候层序的不同特点。同时对每个层序内部的沉积特点和沉积体系进行了分析,指出了层序发育对岩石储集性的控制作用。研究过程中,还发现陆相盆地的单断特点控制了该区层序发育的总体特征;而断陷湖盆内部三级断层对层序内砂体的位置则有明显的控制作用。

**关键词** 歧口凹陷 断陷盆地 层序地层 沉积体系

**第一作者简介** 许淑梅 女 1970年出生 讲师 在职博士 沉积学、地球化学

**中图分类号** P539.2 TE121.3 **文献标识码** A

渤海湾盆地早第三纪是一系列连通性较差的小型盆地群或断陷群,晚第三纪才形成统一的热坳陷盆地。盆地中孔店组和沙四段沉积期主要发育在渤海湾盆地周边,此时高角度正断层发育;沙三段沉积期出现犁式正断层,盆地构造格局发生变化;沙二段——东营组沉积期,断陷边界断层继承性活动,断阶带发育<sup>[1]</sup>。歧口凹陷是其中的一个断陷盆地,第三纪最先接受沙三段沉积。本文对歧口凹陷滩海区下第三系层序地层及沉积体系做了详细的分析和研究,以期对该区进一步的油气勘探有所裨益。

## 1 层序边界的识别

层序识别是层序地层学的主要内容之一。陆相地层中影响和控制层序发育的因素比较多,地层发育时间短<sup>[2]</sup>,地震剖面上除能识别大级别的层序边界(二级层序边界)和部分三级层序边界外,其它层序只能通过测井资料,识别出密集段,然后利用密集段和层序边界的配置关系,划分出层序边界<sup>[3]</sup>。

歧口凹陷滩海区下第三系有两个大的区域不整合界面,即  $Mz/Es_3$ 、 $Ed_1/Ng$ 。这两个区域不整合界面分别形成了该区一个二级层序的底、顶界面。

三级层序边界识别的实质就是层序地层的划分。通过对地震、测井及古生物资料等的综合研究,认为歧口凹陷滩海区下第三系地层属于一个二级层序,在二级层序内部,可以识别出6个三级层序<sup>[4]</sup>,分别称为层

序1至层序6(表1)。

层序1的底界为新生界与中生界的分界面,为区域性大规模不整合面,同时也是第一个三级层序的底界。层序2、层序6的底界也属于区域上较大规模的不整合面,在凹陷内均可追踪对比。层序2、层序3、层序4、层序5的顶界面在凹陷边缘某些地区表现为不整合接触<sup>[5,6]</sup>,向凹陷内部过渡为整合接触。

## 2 层序地层分析及沉积体系研究

### 2.1 层序1( $S_1$ )体系域与沉积体系展布规律

层序1相当于沙河街组沙三段地层。 $S_1$ 发育时期,歧口凹陷构造活动强烈,尤其是边界断层活动加剧,湖盆内高差大,凸起部位风化剥蚀强烈,向凹陷提供了丰富的物源,所以沉积厚度巨大(最厚处大于2000 m),沉积物分布广泛。盆地总体上表现出北西侧陡、深、厚而东南侧缓、浅、薄的不对称箕状结构。由于种种原因,不易对低水位体系域进行区分,文中将低水位体系域与湖泊扩张体系域合二为一,统称为湖泊扩张体系域。

湖泊扩张体系域(相当于沙3段下亚段)的下边界是区域不整合面,上边界为最大湖泛面。构成密集段的岩石颜色较深,岩石类型主要为泥岩、页岩。有机质含量高,具有很好的生油潜力。密集段上下发育有扇三角洲前缘席状砂以及深水浊积砂等储集岩,形成有利的生储组合。

表1 歧口凹陷下第三系层序划分

Table 1 The sequence division of Early Neocene in Qikou Sag

地层系统		层序划分	地层之间接触关系
组	段	二、三、四级	
东营组	东一段	6	削蚀/不整合
	东二段		
	东三段		
沙河街组	沙一上		-顶超/削蚀----- -下超、顶超/削蚀----
	沙一中	板0油组	
		板1油组	
	沙一下	板2油组	-下超-----
		板3油组	
		板4油组	
		滨1油组	
	沙二段	滨2油组	-整合、顶超
		滨3油组	
		滨4油组	
沙三段		1	--削蚀、顶超/上超-- 削蚀、上超-----

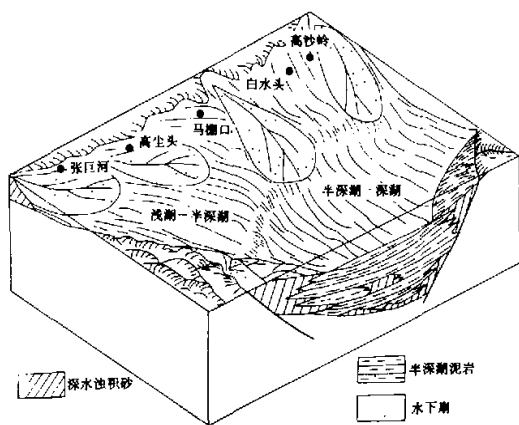


图1 歧山口凹陷浅海区层序1湖泊扩张/湖泊收缩体系域沉积体系模式图

Fig. 1 Sedimentary system model of transgressive system tract and regressive system tract of the first sequence in Qikou sag

湖泊扩张期,湖水变深(半深湖—深湖相带极宽),沉积范围扩大,此时歧口凹陷与沧东、南皮凹陷连通。北部断层活动强烈,坡度陡,水体较深,发育扇三角洲和水下扇及深湖、半深湖沉积体系(图1)。湖泊扩张体系域地层厚度较大,最厚处达1200m,南部较薄,约210m左右,由南向北,砂体厚度逐渐变薄,砂岩含量减少。

湖泊收缩体系域(相当于沙3段上亚段)沉积初

期,各边界断层的活动趋于平缓;晚期,湖盆沉降速率很低甚至趋于停止,凹陷边缘某些地方出露水面,因而发育有冲积扇、扇三角洲沉积,沉积厚度较薄,并遭受一定的侵蚀作用,形成较大规模的区域不整合界面。

## 2.2 层序2(S<sub>2</sub>)体系域与沉积体系展布规律

层序2相当于沙河街组二段沉积。由其孢粉组合(麻黄粉属—唇形三沟粉属亚组合,据郝诒纯等)可以推测出沙二期属热带、亚热带气候。所以,层序2为气候层序。与构造层序一样,气候层序的发育也受湖平面周期性变化的控制<sup>[3]</sup>。郝诒纯、张元春及中国地质大学(北京)等对歧口凹陷颗石藻、藻类以及介形虫和腹足类化石研究表明,沙二段沉积时期以陆相淡水生物化石组合为特征,可知沙二期歧口凹陷为一淡水闭流湖盆<sup>[3]</sup>。闭流湖盆的湖平面不受盆地基底整体构造沉降的控制,控制地层发育的主要因素是气候的变化<sup>[3]</sup>。由于气候层序一般在干旱条件下形成,所以沉积厚度较薄。实际上沙二段与其它层序相比也是最薄的一个沉积层序,在地震剖面上不易对不同体系域进行识别。

湖泊扩张体系域在白水头地区发育有碳酸盐台地相沉积。沿断层的下降盘,在唐家河构造、高沙岭构造和歧东构造及边界断层分布有小型冲积扇,其余为浅湖相沉积。总体上由北向南、由西向东逐层超覆层序1之上,厚度北厚南薄、西厚东薄。

湖泊收缩体系域发育时期,由于气候趋向于更加干旱,湖平面开始下降,湖泊收缩,三角洲相向盆地中央推进。湖盆边缘以砂岩为主,夹泥岩层;盆地中央以泥岩为主,夹砂岩层。张北断层以西的地层与上覆地层呈不整合接触,而以东的地层则与上覆地层呈整合接触,就是因为湖泊收缩,沉积物退覆进积的结果,而非由构造运动引起。

## 2.3 层序3(S<sub>3</sub>)体系域与沉积体系展布规律

层序3相当于沙一段下段沉积地层。古生物研究表明,沙一段沉积时期发育了广盐性和半咸水的地方性生物化石种属,表明受到海侵的影响,由沙二期的闭流湖泊演化为沙三期的敞流湖盆。气候变化显然不会影响敞流湖盆的湖平面<sup>[3]</sup>,但可影响沉积物的供应量和沉积相类型。所以,在层序3发育过程中,构造运动决定了层序在盆地中的充填模式。

湖泊扩张体系域相当于滨1、板4油组,在白水头地区有鲕粒灰岩、油页岩、白云质灰岩和生物灰岩等碳酸盐岩分布。该体系域沉积时,气候温湿,雨量充沛,物源区母岩机械风化作用减弱,沉积物供给减少,所以满足碳酸盐台地沉积条件。马棚口地区则发育有重力流水道砂体,研究认为是由于受西部港西凸起的影响,

离物源较近,且受港东断层的控制,在断层的下降盘一侧水体较深,所以形成水下冲积扇和重力流水道。同时,该体系域内砂体也很发育,主要分布在港深18井,港82井区以东,厚度约100 m左右,为主要的勘探目的层。沉积类型为水下冲积扇—重力流水道—深水浊积扇以及碳酸盐台地相沉积组合(图2)。重力流水道砂体主要分布在湖盆内部断裂下降盘一侧,而深水扇则分布在深凹区。

湖泊收缩体系域(即高水位体系域)相当于板2、板3油组,由一套进积式准层序组成。此时陆源物质注入量增加,碎屑岩相相对发育。沉积体系的发育与湖泊扩张体系域有明显的继承性,只是粗碎屑相的规模进一步扩展。在白水头断裂和港东断裂下降盘均发育有水下扇沉积体。砂体厚度一般在50~70 m以上,属中孔中渗有利储层。

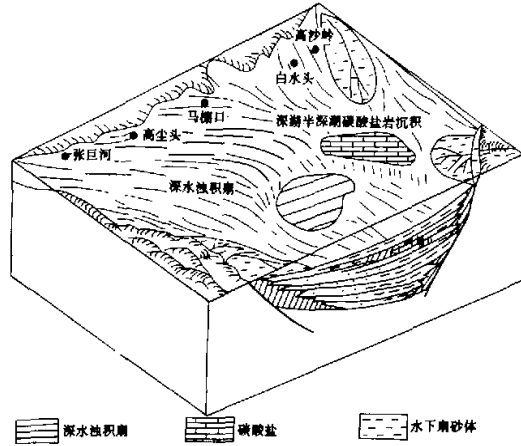


图2 层序3湖泊扩张体系域沉积体系模式图  
Fig.2 Sedimentary system model of transgressive system tract of the third sequence

2.4 层序4(S<sub>4</sub>)体系域与沉积体系展布规律

S<sub>4</sub> 相当于沙一中和沙一上亚段地层。边界断层的持续活动使得层序4的底界既是层序边界,也构成所谓的密集段。断层的持续活动决定了层序4低水位体系域、湖泊扩张体系域不发育,只发育极厚的高水位体系域和湖泊收缩体系域。

高水位体系域相当于板0、板1油组。板深86井区以南由区域可对比的大段泥岩夹少量砂岩透镜体组成,相当于沙一中地层,形成典型的泥包砂结构,是进行区域地层对比的标准层,同时又可做为烃源岩和区域盖层,因此是非常有意义的一个层段。但在白水头板深86井区,由于受北部塘沽—长芦物源的影响,从沙一中至东营组全为粗粒沉积,砂泥岩分异不明显。

向南到歧东断层,高水位体系域逐渐减薄,甚至尖灭。可见,同一体系域内部随沉积环境的不同,会出现不同的沉积类型。

湖泊收缩体系域相当于沙一上段地层。该体系域沉积时,湖盆水域面积缩小(歧东断层以南地层呈退覆尖灭状态),湖水变浅。北区沿同生断层下降盘发育有扇三角洲相(外形呈楔形或透镜状)。地层厚度变化较大,歧口凹陷为其沉降中心,厚约225 m,由歧东断层向南厚度渐变为零。体系域沉积晚期,气候变得较为干燥,物源区母岩机械风化作用加强,向湖盆提供物质的速度加快。歧口凹陷北部以水下扇三角洲、重力流水道沉积体系为主,并逐渐向沉降中心推进。

2.5 层序5(S<sub>5</sub>)体系域与沉积体系展布规律

层序5相当于东三段地层。层序5的形成与层序4有一定的继承性,但又略有不同。东三段沉积时,歧口凹陷进入湖盆萎缩期,所以东三段在层序4的基础上进一步发生水退,所以,层序5只发育有进积式反旋回湖泊收缩体系域,而不发育低水位体系域、湖泊扩张体系域和高水位体系域。

东三段为典型的三角洲发育期,沉积地层总厚度约130~190 m。由于受不同物源的影响以及湖盆内部同生断层产状的控制,凹陷内三角洲朵叶体厚度及展布方向也不相同。以港深7—港26井一线为界,北区三角洲朵叶体走向呈北西向(受该区北西向同生断层的控制),物源主要来自北部的长芦、塘沽,供应较为充足,所以三角洲砂体厚度较南部大,一般30~60 m,发育有白7井、白4井、白1井朵叶体和唐家河朵叶体(港深2、3井区),且三角洲亚相的分布明显受断层的控制;南区砂岩厚度一般小于15 m,为广布的席状或透镜状薄砂层,属滨浅湖前三角洲沉积(图3)。

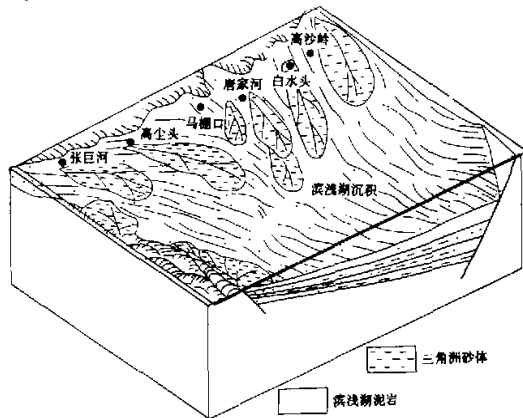


图3 层序5湖泊收缩体系域沉积体系模式图  
Fig.3 Sedimentary system model of regressive system tract of the fifth sequence

东三段沉积期,边界断层的活动由强烈趋向平缓,物源供应尚为充足,河流有一定搬运能力,所以发育有河流—三角洲—滨浅湖沉积体系。

## 2.6 层序 6( $S_6$ )体系域与沉积体系展布规律

层序 6 相当于东二、东一段地层。东二段沉积时期,盆地又相对快速下沉,形成广泛的水进期,而后东一段沉积时期构造抬升更为强烈,形成东二—东一的又一次水退反旋回沉积,形成第六层序。所以层序 6 只发育有高水位体系域和湖泊收缩体系域,而没有低水位体系域和湖泊扩张体系域。

高水位体系域相当于东二段地层,覆盖全区,沉积厚度约 200~300 m,以泥岩为主,砂岩呈分散夹层分布,砂层薄,一般单层厚度小于 5 m,为东营组的富含化石段,即所谓的密集段,为良好的区域性盖层。此时东三期三角洲溯源衰退,演化为东二期水进期的浅湖相沉积,原三角洲分布区在东二期演化为呈不连续呈透镜状分布的水下浅滩砂体。

湖泊收缩体系域相当于东一段地层。其沉积环境与东三段基本相似,不同之处主要在于:东一段为湖泊发育的衰退期,顶部长期遭受剥蚀,另外,继东二段水进沉积之后,发生更大规模的水退;由于盆地南、北边界处隆升强烈,东一段比东三段三角洲更进一步向凹陷中心方向推进,且物源方向也较东三期更为多样。该体系域主要由以下几种沉积体系构成:北区为河流—三角洲—滩坝体沉积体系;南区为扇三角洲—三角洲—滩坝体沉积体系。

## 3 构造活动对层序的控制以及层序发育对油气的控制作用

### 3.1 构造、断层对层序发育的控制作用

陆相盆地的单断特征控制了歧口凹陷滩海区第三系层序的发育<sup>[7,8]</sup>,这一点在前文已做了较为详细的论述,而断陷内三级断层的发育则控制了层序内砂体的分布位置<sup>[9]</sup>。一般来说,在断层的下降盘往往发育有三角洲、冲积扇或扇三角洲砂体(图 4),可作为良好的油气储集体,而上盘一般为直接或间接的物源区。这种情况在歧口凹陷随处可见,如层序 2 内部沿唐河、高沙岭和歧东构造及边界断层处发育有小型的水下冲积扇。层序 5 地层沿白水头断层的下降盘发育有三角洲前缘相砂体,与湖相泥岩配置,可形成良好的储集单元;而断层的上盘则发育有三角洲平原相沉积,以泥岩、砂、砾岩为主,储集性能较差。

### 3.2 湖泊扩张体系域的油气储集性能

(1) 湖泊扩张体系域的湖岸砂体(包括冲积扇、扇三角洲及三角洲等)由于受潮浪的改造作用分选性

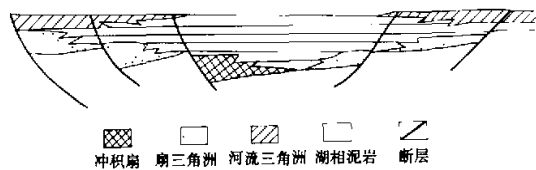


图 4 同生断层对砂体的控制作用

Fig. 4 Control caused by the third level syndepositional fault on sand bodies

较好,沿岸分布,形成广泛的砂层与内部湖相泥岩的互层,从而配置成为良好的生、储、盖组合。

(2) 由于湖泊扩张体系域易形成砂泥岩互层和向湖岸的上超,上倾尖灭砂体可以形成有利的地层圈闭。

(3) 密集段是在水深最大时期形成的沉积地层,在陆相断陷盆地中往往为一套深湖—半深湖亚相的泥质岩。密集段泥岩分布连续而且广泛,有机质类型好,丰度高,生油潜力大,既是主力生油层,也可以作为湖泊扩张体系域砂体的盖层。

### 3.3 湖泊收缩体系域的油气储集性能

(1) 湖泊收缩体系域发育有三角洲砂体、扇三角洲砂体和水下扇砂体,另外还发育有三角洲前缘滑塌扇体。这些砂体遭受湖浪与湖水水流的双重淘洗作用,分选好,储集性能好,呈指状插入到半深湖相泥岩中,形成互层的砂泥岩,构成良好的生储配置关系<sup>[10]</sup>。

(2) 多个进积式准层序在垂向上的叠置,形成多套有利的生、储、盖组合。

(3) 湖泊收缩体系域上部如果有沉积间断面或削蚀面,可能成为渗漏通道。如果上面没有非湖相体系域或另一简单断拗层序下部厚层泥岩所覆盖,很有可能造成油气的漏失<sup>[8]</sup>。

## 4 结论

滩海区歧口凹陷下第三系可划分出六个三级层序,每个层序有不同的主控成因,形成不同的层序类型,即构造层序和气候层序。层序 1、层序 3、层序 4、层序 5、层序 6 为构造层序,这是因其沉积时为敞流断陷湖盆,边界断层的活动决定其沉积空间;层序 2 沉积时为一断陷闭流湖盆,控制地层发育模式的主要因素是气候的变化,湖平面变化不受基底整体升降和边界断层活动的影响,所以为气候层序。同时还对每一层序内部的沉积特点和沉积体系进行了分析,不同的湖盆发育阶段具有不同的沉积体系,例如,断陷湖盆强烈活动时期的扇三角洲—水下扇—重力流水道沉积体系(相当于层序 1)以及湖盆相对萎缩期的河流—三角

洲—滨浅湖沉积体系(相当于层序5),并指出层序发育对岩石储集性的控制作用。研究过程中还发现陆相盆地的单断特征控制了该区层序发育的总体特征,而断陷内三级断层对层序内部砂体的位置则有明显的控制作用。这一结论对在断陷湖盆内预测砂体的位置,指导油气勘探具有十分重要的意义。

本文得到大港油田集团公司的资助,在此深表感谢。

#### 参 考 文 献

- 1 杜旭东, 陆克政, 漆家福等. 黄骅坳陷褶皱分类及成因分析[J]. 石油大学学报, 1999, 23(1):1~5
- 2 王涛等编. 中国东部裂谷盆地油气藏地质[M]. 北京:石油工业出版社, 1997
- 3 纪友亮, 张世奇. 陆相断陷湖盆层序地层学[M]. 北京:石油工业出版社, 1996
- 4 徐怀大, 魏魁生等译. C. K. 威尔格斯等编. 层序地层学原理(海平面变化综合分析)[M]. 北京:石油工业出版社, 1993
- 5 陈开远, 孙爱麟, 杜宁平. 成油体系中的层序地层学[J]. 石油天然气地质, 1998, 19(3):221~226
- 6 冯有良. 东营凹陷下第三系层序地层格架及盆地充填样式[J]. 地球科学, 1999, 24(6):635~642
- 7 刘震等编. 储层地震地层学[M]. 北京:地质出版社, 1997
- 8 宗国洪, 旋央申, 王秉海等. 济阳盆地中生代构造特征与油气[J]. 地质论评, 1998, 44(3):289~294
- 9 程日辉等. 构造断阶与砂体预测:以沾化凹陷富林地区为例[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3):203~206
- 10 吴涛, 李志文. 沧东断裂的前第三纪属性及在油气勘探领域的意义[A]. 见:赵重远, 刘池洋, 姚远主编. 含油气盆地地质学研究进展[C]. 西安:西北大学出版社, 1993

## An Analysis on Sequence Stratigraphy and Sedimentary System of Early Neocene in Qikou Sag

XU Shu-mei<sup>1</sup> ZHAI Shi-kui<sup>1</sup> LI San-zhong<sup>1</sup> ZHOU Li-hong<sup>2</sup>

1(Department of Marine Geology, Ocean University of Qingdao, Qingdao Shandong 266003)

2 (Dagang Oilfield Group Ltd Company, Dagang Tianjin 300280)

#### Abstract

The paper discusses the features of Early Neocene's sequence stratigraphy and sedimentary system of Qikou sag by employing large amount of materials such as seismic data, logging data, observation results of rock cores and new rule. There are one secondary sequence and six third level sequences of Early Neocene in Qikou sag. Based on studies of controlling factors of sequence development, we conclude that there are two kinds of sequence developed in Qikou sag, which are tectonic sequence and climate sequence. Sequence 1, sequence 3, sequence 4, sequence 5 and sequence 6 are tectonic sequence because the action of the boundary faults controls the space of sedimentation. Sequence 2 is the climate sequence. During the sedimentation of sequence 2, the primary controlling factor on the sequence model is climate and the changes of lake level are not influenced by the uplift of basement rock and the action of boundary faults.

During progression period, fan head, mid fan and far end of alluvial fan or fan delta developed on different fault terraces, turbidity fan and gravity flow deposits developed in deeply depressed position. During high stand, wedge and lenses shaped deposits of delta occurred on the whole basin.

The development of sequence controls the rock's reservoir property. The sag's tectonic feature influences the distribution of the sequence and the third level fault has eminent influence on sand bodies. For example, fan head, mid fan and far end of alluvial fan or fan delta developed near the lower part of the faults. These findings could be used to predict the location of sand bodies and have great significances in directing the petroleum exploration.

**Key words** Qikou sag faulted depression sequence stratigraphy sedimentary system