

文章编号: 1009-3850(2008)01-0033-06

大民屯凹陷沙四段层序地层与沉积体系研究

史彦尧¹, 谢庆宾¹, 彭仕宓¹, 蒲秀刚², 董良³

(1. 中国石油大学 资源与信息学院, 北京 昌平 102249; 2. 中国石油 大港油田分公司, 天津 300280; 3. 中国石油 辽河油田分公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 利用岩性、钻井、地震及露头资料, 通过对该地区进行层序地层学分析和研究, 根据层序界面的识别原则, 把大民屯凹陷古近系划分为 1 个二级层序, 两个三级层序。从单井相入手, 结合地震相识别出大民屯凹陷沙四段主要发育扇三角洲 湖泊沉积体系和近岸浊积扇 湖相沉积体系, 主要发育扇三角洲和湖泊沉积相, 局部发育近岸浊积扇。在沉积体系研究的基础上, 利用地震反演预测了有利的储集砂体的发育区。

关键词: 大民屯凹陷; 层序地层; 体系域; 沉积体系; 扇三角洲

中图分类号: P539.2 **文献标识码:** A

大民屯凹陷是辽河断陷盆地次一级构造单元, 四周为边界断层所围限, 是在太古代花岗片麻岩、混合花岗岩和中新元古代碳酸盐岩组成的基底之上发育的中新生代陆相小凹陷。

大民屯凹陷前期的勘探主要集中在古近系沙三段及前第三系潜山两套主要含油气层系, 而忽略了对沙四段的研究。近年来, 随着勘探程度的深入, 在沙四段不断有油气被发现。认为沙四段不仅是良好的生油层系, 也发育良好的储集层。

本文主要运用层序地层学基本原理^[1~10], 对大民屯凹陷沙四段的层序地层和体系域进行了划分, 在等时的层序地层格架内阐明其沉积体系的空间展布和配置关系, 对有利砂体的发育位置进行了预测。

1 层序地层格架

大民屯凹陷的古近系主要发育扇三角洲和滨浅湖沉积, 综合运用地震、钻井及岩心等资料, 分析岩性组合、电性、沉积旋回等特征, 通过对层序界面的

识别及对比, 将大民屯凹陷古近系划分为 1 个二级层序, 两个三级层序。在层序地层格架建立的基础上, 通过对体系域界面的识别, 在第 I 三级层序内部划分为高位、水进和低位体系域(表 1)。

研究区属于多物源, 而且顺物源方向距离较短, 于是按照凹陷的长轴方向在平面上选取了前 4 沈 179 沈 82 沈 117 胜 20 五口井, 建立了该区的层序地层对比格架(图 1)。

由图 1 可以看出, 沿凹陷长轴方向不同井之间各体系域在沉积厚度上存在一定的差异, 这是由于沿长轴方向各井在湖盆中所处的位置不同, 这就形成了凹陷具有这样的层序叠置样式: 由西南向东北方向湖盆边缘高位体系域比较发育, 依次向湖盆内部逐渐过渡到水进体系域和低位体系域。

1.1 层序界面的识别

层序边界主要为不整合面和与之对应的整合面。因此, 不整合面的存在是划分层序的直接标志。大民屯凹陷古近系层序界面主要为以下几个不整合

收稿日期: 2007-06-27; 改回日期: 2007-11-04

作者简介: 史彦尧(1973-), 女, 博士, 主要从事沉积、油藏描述研究。E-mail: shiYanYa@163.com

资助项目: 国际科技合作重点项目(2002CB713906); 重大基础研究前期研究专项(2002CCA00700)。

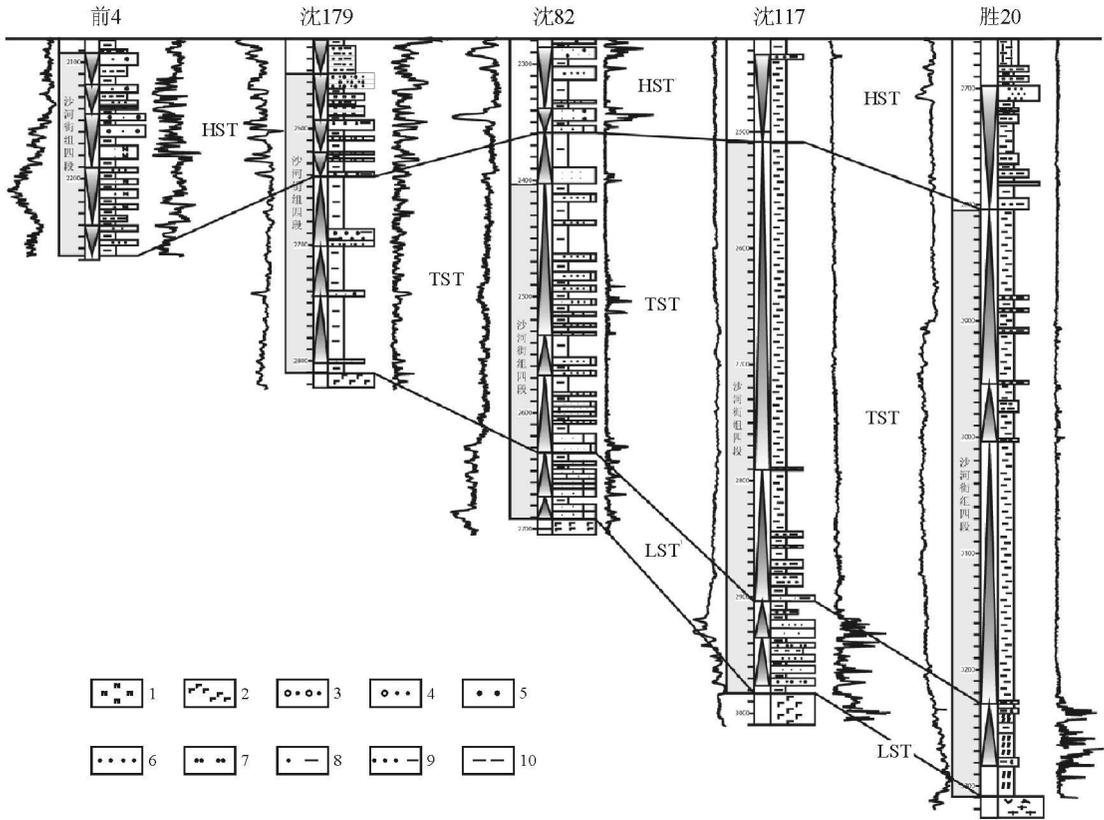


图 1 大民屯凹陷沙四段层序对比剖面(沿凹陷长轴方向)

1. 油页岩; 2 玄武岩; 3 砂砾岩; 4 含砾砂岩; 5 粗砂岩; 6 细砂岩; 7. 粉砂岩; 8. 砂质泥岩; 9 泥质砂岩; 10. 泥岩

Fig 1 Sequence correlation of the fourth member of the Shahejie Formation in the Damintun depression

1= oil shale 2= basalt 3= sandstone and conglomerate 4= gravelly sandstone 5= coarse grained sandstone 6= fine grained sandstone 7= siltstone 8= sandy mudstone 9= muddy sandstone 10= mudstone

表 1 大民屯凹陷古近系层序地层划分 (据辽河研究院, 1994 修改)

Table 1 Sequence stratigraphic division of the Paleogene strata in the Damintun depression

系	统	组	段	绝对年代(Ma)		沉积旋回		泥岩颜色		体系域	层序二级	层序三级	层序界面	主要沉积体系	古气候	区域反射面																														
				水进	水退	灰	黑	灰	绿								红																													
新近系	渐新统	东营组	一段	36	38	HST	LST	HST	TST	LST	I	SB2	泛滥平原	温暖带潮湿气候	T2																															
																古近系	始新统	沙河街组	一段	36	38	HST	LST	I	SB2	泛滥平原	亚热带潮湿气候	T3																		
																													二	38	HST	LST	I	SB2	泛滥平原	亚热带潮湿气候	T4									
																																						三	43	HST	LST	I	SB2	泛滥平原	亚热带潮湿气候	T6
五	45.4	HST	LST	I	SB1	泛滥平原	亚热带潮湿气候	T9																																						

面^[11] (表 1):

T₉为基底反射, 是古近系与其下伏中生界、元古宇及太古宇呈角度不整合的界面, 区域范围内可

以追踪。

T₄为古近系内部一个比较重要的不整合面, 在辽河盆地西部凹陷相当于沙河街组二段底界, 大民屯凹陷以及东部凹陷在沙二段沉积时期处于剥蚀状态, 因此, 在大民屯凹陷相当于沙一段底界, 为一区域性不整合面。

T₂为古近系和新近系之间的一个明显不整合界面, 能在全区范围内追踪对比。古近系底界 T₉和顶界 T₂两个区域不整合面, 地震反射特征及地质意义明显, 将该两个不整合面之间的古近系划分为一个二级层序, 该二级层序记录了一个裂谷盆地由发生、发展到消亡的完整过程。根据该层序内部次一级不整合面 T₄将古近系划分为两个三级层序。层序 I 相当于沙四段和沙三段, 层序 II 相当于沙一段和东营组。

1.2 体系域界面识别

体系域的界面为能界定相对等时沉积体系的一个等时界面, 通常以湖泛面作为体系域界面^[12]。利用钻井、测井及地震反射资料, 参考前人的研究成

果^[11]:

确定以大民屯凹陷沙四段大套分布的暗色泥岩的顶作为最大湖泛面,在全区均可以追踪对比,其厚度局部可达数百米以上,以其作为划分水进体系域与高位体系域的界线。在地震反射上,大套湖泛泥岩的顶面往往是在大套空白反射之上出现一强震高连的同相轴(图2),在地质层位上一般对应S₄顶界,但局部地区存在波动。

另外确定以凹陷内大范围发育的油页岩顶面及与之可以对比的暗色泥岩底面作为初始湖泛面。若油页岩之上邻近又发育有砂质岩类,则在砂质岩类之上寻找稳定泥岩,其底部作为初始湖泛面。据此界面划分低位体系域和水进体系域。在地震响应上(图2),油页岩的顶面一般在S₄底“双轨”反射之一到两个同相轴的位置,反射界面同相轴一般中震中连,甚至弱震低连,振幅能量通常小于下部的“双轨”反射。低位体系域底界一般为沙四段底界,大部分在“双轨”反射同相轴的底部,但有波动。

2 沉积体系特征

根据露头、钻井资料,本次研究从单井沉积相入手,通过岩心观察、重矿物分析、粒度分析、沉积构造和测井等资料的综合研究,再结合地震相的展布

规律,恢复了沉积体系。主要识别出了扇三角洲(图3)、湖泊和滑塌浊积扇沉积相类型。

2.1 扇三角洲沉积体系

由于大民屯沙四沉积时期的范围超出现今的大民屯凹陷的范围,因此,沙四沉积时期,揭示扇三角洲平原沉积的井较少。扇三角洲平原沉积一般包括辫状河道和道间沉积并间夹泥石流沉积。扇三角洲前缘沉积在大民屯凹陷的西部斜坡带较为发育,尤其在低位体系域时期,根据砂砾岩的百分含量和距物源的远近及微相特征,可进一步划分为扇三角洲前缘近端沉积和扇三角洲前缘远端沉积。前者沉积物粒度较粗,以砾岩、含砾砂岩沉积为主,后者以中砂和粉砂为主,往往夹有较多的泥岩层。扇三角洲前缘近端主要以水下分流河道和水下分流道间(间湾)沉积为主,扇三角洲前缘远端以河口坝、远沙坝、席状砂沉积为主。前扇三角洲主要由互层灰绿色灰黑色泥岩、泥质粉砂岩、钙质页岩、油页岩组成。粒级和颜色的变化可形成季节性纹层、常见粉砂质透镜体夹层,沉积分布较窄,与湖相暗色泥岩较难区分。

研究区湖泊扇三角洲由于受季节性洪水影响较大,受湖泊改造作用较小,从而显示粒度粗、分选差的特征;扇三角洲的推进沉积层序自下而上水动力

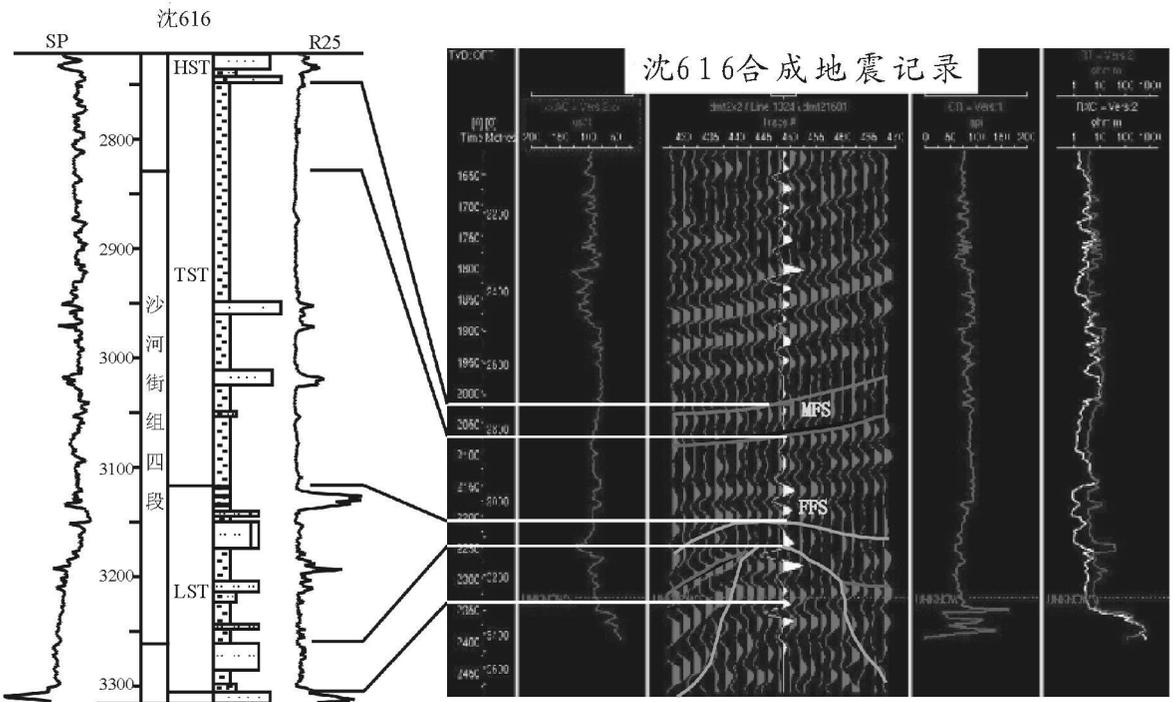


图2 沈616井地震层序划分及标定

Fig 2 Seismic sequence division and demarcation in the Shen-616 well

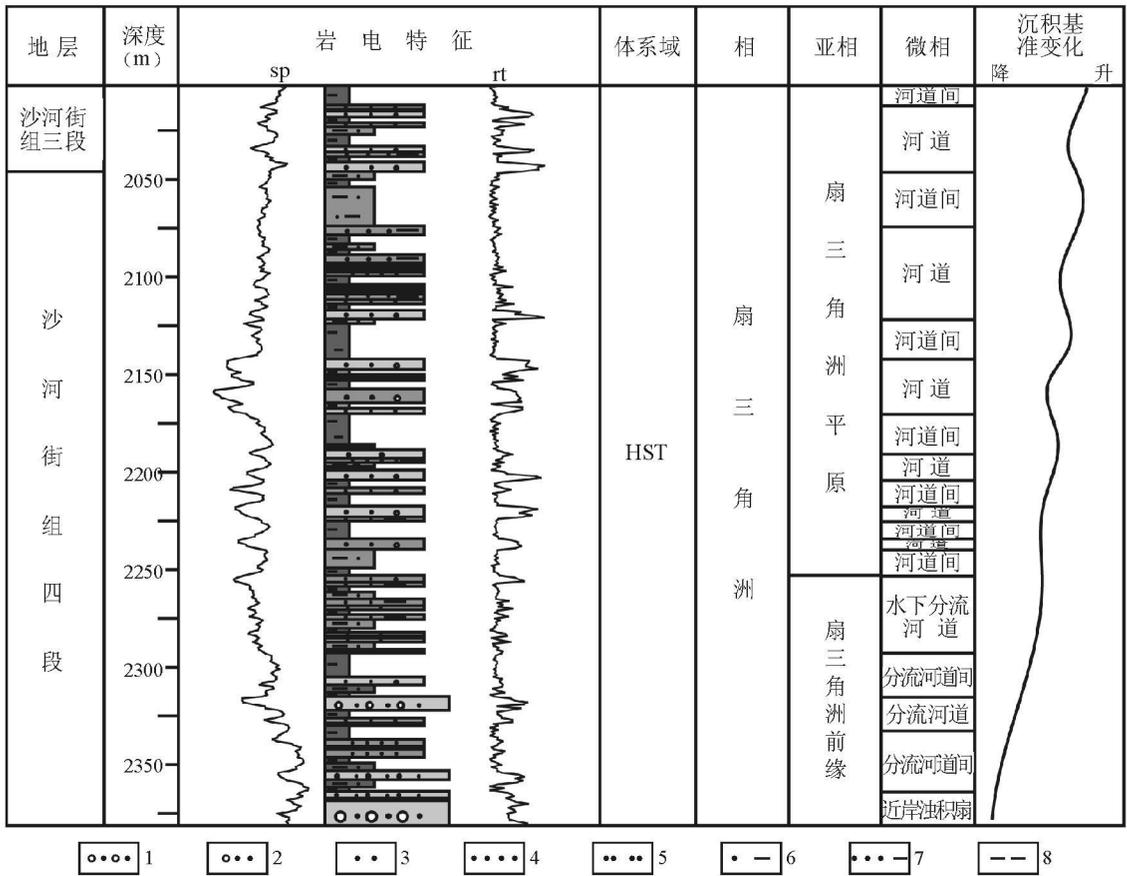


图 3 沈 158 井层序与相分析

1 砂砾岩; 2 含砾砂岩; 3 粗砂岩; 4 细砂岩; 5 粉砂岩; 6 砂质泥岩; 7 泥质砂岩; 8 泥岩

Fig 3 Sequence and facies analysis for the Shen-158 well

1 = sandstone and conglomerate 2 = gravelly sandstone 3 = coarse-grained sandstone 4 = fine-grained sandstone 5 = siltstone 6 = sandy mudstone 7 = muddy sandstone 8 = mudstone

变强, 粒度由细变粗, 显示反韵律特征。沉积构造也发生相应的变化, 化石含量少, 由于沉积作用速度快, 使沉积物无足够时间进行重力分异; 从而, 扇三角洲在震剖面上显示楔形、透镜状反射外形, 其内部具有不清晰的前积反射结构。在前三角洲或扇三角洲的前方还有浊积扇的丘形、小透镜状的地震反射响应。

2.2 湖泊沉积体系

湖泊沉积体系在大民屯凹陷沙四段占绝对优势, 发育大套暗色泥质岩类, 间夹粉砂质岩类或深水重力流沉积, 为湖侵期沉积产物, SP曲线及 RT曲线平直, 储集层不发育, 为优质烃源岩发育区。根据湖泊水体的深度和水体特征, 可进一步将湖泊划分为滨湖相、浅湖相、半深湖相和深湖相, 以及特殊的湖湾沉积环境等。滨浅湖亚相主要发育于大民屯凹陷沙四段低位期, 以粉砂岩、细砂岩与泥岩频繁互层为特征, 滨湖区常见大套红色泥岩, 代表常常暴露大气

的沉积环境。半深湖 深湖亚相广泛发育于沙四段水进期, 以大套暗色泥岩沉积为重要的相标志。湖湾亚相在大民屯凹陷沙四段表现为油页岩与暗色泥岩的互层下部的油页岩分布于该区中部的静安堡构造带和静西陡坡带, 在此范围内可以追踪对比, 其累计厚度可达 100 余米。在其之上, 发育大套可以全区对比的厚层暗色泥岩, 为低水位时期相对深水的安静的湖湾环境沉积。在层序地层研究中, 可作为初始湖泛面沉积的标志。

3 体系域内部沉积体系演化

在层序地层格架的建立和沉积体系恢复的基础上, 就可以在该层序格架内进一步研究沉积体系的发育特征。

3.1 低位体系域

沙四段沉积早期即沙四低水位时期, 大民屯凹陷仍处于填平补齐沉积期, 发育扇三角洲 滨浅湖沉

积体系,扇三角洲 滑塌浊积扇沉积体系,滨浅湖 湖湾沉积体系。砂体比较发育,由砂砾岩夹红色泥岩构成多套反旋回沉积,西部斜坡物源明显,以扇三角洲前缘近端沉积为主,远离物源区砂砾岩厚度有所减薄,并且岩性相变为细粒红色 暗紫色泥质岩、油页岩及粉砂质泥岩。在262井和263井区发育近岸水下扇相。低位体系域为主要储集岩发育区,且紧邻油源,其砂体最有利成藏,是最有利的岩性油气藏发育层位(图4)。

3.2 水进体系域

沙四中晚期,是大民屯凹陷最大水进期,湖泊沉积几乎占据了整个凹陷,此时以湖泊沉积体系为主,局部可见扇三角洲沉积体系,其沉积范围明显增大,在盆地中广泛发育深湖 半深湖亚相沉积,在西部斜坡区具有明显的几个物源区,因此,发育多个扇三角洲和近岸水下扇砂体,湖盆中部可见浊积岩透镜体,局部可见陆上的冲积扇或扇三角洲平原或河流泛滥平原等。凹陷内广泛发育大套巨厚暗色泥岩沉积,夹粉砂质泥岩,泥质粉砂岩,砂质含量极低,其在全凹陷均有大范围分布,为烃源岩主要发育区,也是良好的盖层(图4)。

4 有利储集砂体的分布

从沉积特征来看,沙四段的储层具有横向变化快的特征,因此,储层预测工作是岩性油气藏研究的重要方法。本次研究运用储层测井约束反演,对LSI和TSI的几个主要砂体进行了精细的刻画,搞清了每套砂体的具体分布范围和规模。从反演结果上看,规模较大的砂体为水进体系域的洼陷带沈232沈635井区,低位体系域东部陡坡带的沈258沈259砂体,低位体系域西部陡坡带的沈119沈225砂体、沈262井 沈263砂体和沈26砂体(图4)。

低位体系域西部斜坡带扇三角洲前缘近端砂体,靠近物源区,砂体的厚度较大,可能成为良好的储集砂层;水进体系域的洼陷带沈232沈635砂体夹在厚层暗色泥岩中,具有浊积岩透镜体的沉积特征。最发育部位是沈225井区,最大厚度约为85m,沈635井区为40m,沈232井区为4m,东、西两侧基本不发育。低位体系域沈258沈259砂体位于大民屯凹陷静安堡与边台构造带的结合部位。该带由逆断层控制而形成,被多条近东西走向的正断层分割而形成多个断块。从沉积条件分析,该区沙三、沙四时期发育有东侧短轴物源,形成扇三角洲沉积,从砂砾岩厚度可以看出,该区砂砾岩厚度超过60m,可能成为良

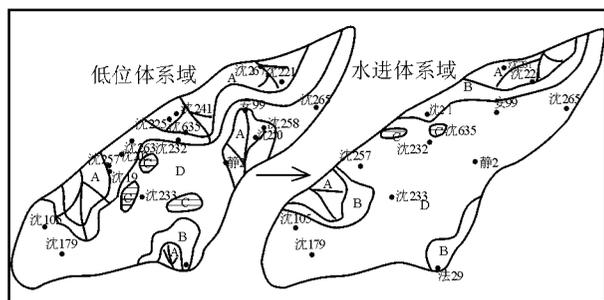


图4 大民屯凹陷沙四段低位、水进体系域沉积体系图
A扇三角洲前缘近端; B扇三角洲前缘远端; C浊积砂体; D湖相

Fig 4 Diagrams of the lowstand systems tract (left) and transgressive systems tract (right) in the fourth member of the Shahejie Formation in the Damintun depression
A Proximal fan delta front B Distal fan delta front
C Turbiditic sandstone D Lake facies

好的储集体;低位体系域沈26砂体,位于大民屯凹陷三台子地区沈221西圈闭上。该圈闭受凹陷西边界逆断层控制,依附其下盘形成的断裂鼻状构造。分析认为该区块具有较好的石油地质条件,圈闭条件有利,油源条件较好、储集条件有利;低位体系域沈262井 沈263砂体位于大民屯凹陷前进构造带北段。该区主要发育两条北东走向的西掉正断层,后被北西向的次级断层切割形成多个段块。该区钻遇了多套油层,砂体类型与洼陷区沈232沈635井区沙四段储层极为相似,属于水进时期近岸浊积扇体。低位体系域沈119沈225砂体,以深湖相夹近岸浊积砂体沉积为主,砂砾岩厚度较大,上下为泥岩封闭,砂岩夹在烃源岩之间,具有得天独厚的成藏条件,是极为有利的勘探地区。

5 结论

大民屯凹陷古近系可划分为1个二级层序,两个三级层序。大民屯凹陷沙四段位于第一个三级层序,通过体系域界面的识别,划分了高位、水进和低位体系域,其中低位和水进体系域在沙四段比较发育。沙四段主要发育扇三角洲 湖泊沉积体系和近岸水下扇 湖相沉积体系,主要有扇三角洲、滨浅湖、湖泊、湖湾和滑塌浊积扇等沉积相类型,低位体系域为主要储集岩发育区,且紧邻油源,其砂体最有利成藏,是最有利的岩性油气藏发育层位,水进时期由于水体的扩大,凹陷内广泛发育大套巨厚暗色泥岩沉积,夹粉砂质泥岩,泥质粉砂岩,砂质含量极低,其在全凹陷均有大范围分布,为烃源岩主要发育区,也是

良好的盖层。通过综合分析,有利的储集砂体主要分布在低位体系域靠近物源的西部斜坡带,东部陡坡带的沈 258 沈 259 砂体,西部陡坡带的沈 119 沈 225 砂体、沈 226 井 沈 263 砂体和沈 267 砂体。水进体系域的洼陷带沈 232 沈 635 井区也是有利的储集砂体的发育区。

参考文献:

- [1] CK 威尔格斯,等.徐怀大译.层序地层学原理[M].北京:石油工业出版社,1993
- [2] Posamentier HW, Vail P R. Eustatic controls on clastic deposition: I. sequence and system tract [A]. Sea Level Changes: An Integrated Approach [C]. SEPM Special Publication No. 42, 1988. 126—148
- [3] Van Wagoner J C, Posamentier HW, Mitchum RM, et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions [A]. Sea Level Changes: An Integrated Approach [C]. SEPM Special Publication No. 42, 1988. 39—45
- [4] Henry W Posamentier, Paul Weiner. Siliciclastic sequence str-

- atigraphy and petroleum geology: where to form here [J]. AARG Bulletin, 1993, 77(5): 731—742
- [5] Bryant ID. The application of measurements to constrain reservoir—scale sequence stratigraphy models [A]. High Resolution Sequence Stratigraphy: Innovations and Applications [C]. Geological Society Special Publication, 1996. 104. 51—64.
- [6] 李思田,林畅松,解习农,等.大型陆相盆地地层层序学研究——以鄂尔多斯中生代盆地为例 [J]. 地学前缘, 1995. 2(4): 133—136
- [7] 林畅松,潘元林,肖建新,等.构造坡折带——断陷盆地层序和油气预测的重要概念 [J]. 地球科学, 2000, 25(3): 260—267
- [8] 顾家裕.陆相盆地层序地层学概念及模式 [J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 6—10.
- [9] 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
- [10] 余素玉,邬金华.层序地层学方法及其在陆相湖盆研究中的应用 [J]. 地质科技情报, 1993, 12(2): 37—42
- [11] 孙素青,沈渭洲. 2006 大民屯凹陷沙河街组四段、三段层序特征及其与油气成藏条件之间的关系 [J]. 地球学报, 57(1): 57—62
- [12] 朱筱敏.层序地层学 [M]. 东营:石油大学出版社, 2000

Sequence stratigraphy and depositional systems in the fourth member of the Shahejie Formation in the Damintun depression

SHI Yan-yao¹, XIE Qing-bin¹, PENG Shim-i¹, FU Xiu-gang², DONG Liang³

(1. Faculty of Resources and Information, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Daqiang Oil Field Branch, PetroChina, Tianjin 300280, China; 3. Laohu Oil Field Branch, PetroChina, Panjing 124010, Liaoning, China)

Abstract: The Palaeogene strata in the Damintun depression may be divided into one second-order sequence and two third-order sequences on the basis of lithologic well logs, outcrops and seismic data. In the fourth member of the Shahejie Formation in the Damintun depression, the depositional systems include the fan delta to lake depositional system and the nearshore turbidite fan to lake depositional system, and the sedimentary facies types consist of the fan delta facies, lake facies and locally nearshore turbidite fan facies. The favourable areas for hydrocarbon accumulation are delineated by means of seismic inversion based on the research of depositional systems.

Key words: Damintun depression; sequence stratigraphy; systems tract; depositional system; fan delta