

歧北凹陷沙河街组层序地层学研究

吴元燕 刘震 王伟华 费安玮 刘洛夫

(石油大学地球科学系, 北京: 102200)

提 要 本文从地震、古生物、沉积和测井等多方面的资料入手, 用层序地层学方法研究了黄骅坳陷歧北凹陷沙河街组的地层层序, 将其划分为两个大层序, 即层序 I (沙三段) 和层序 II (沙二、沙一段)。在每个层序中, 又进一步划分出低位、湖进和高位三个体系域, 总结了各个体系域的特征, 进而指出有利的油气聚集相带和地段。

关键词 歧北凹陷 沙河街组 层序地层学 层序 体系域

第一作者简介 吴元燕 女 53 岁 副教授 石油地质学

层序地层学自 80 年代下半期推出以来, 在全球地学界掀起了日益增长的热潮, 几乎席卷了一切与沉积学有关的学科, 被誉为本世纪末的地学革命。首先, 层序地层学以其崭新的概念统一了传统的生物地层、岩石地层和年代地层单位之间的关系, 消除了三元分类系统之间的矛盾, 确定了可靠的年代地层框架。另外, 层序地层学建立的地层分布模式令人信服, 能解决过去长期无法解释的地质现象, 开阔了人们的视野。同时, 层序地层学为油气勘探提供了一套新的地层评价方法。

近几年来, 几乎所有与地层有关的地质科学都在向层序地层学靠拢, 并探索层序地层的核理论和新概念对各个学科的影响。除了 Vail^[1], Posamentier 等^[2] 和 Van Wagoner 等^[3] 为主流的层序地层学派之外, 还存在少数持不同或相近意见的流派, 如 Galloway^[4] 的“成因地层层序”等。另外, 在层序地层学的研究方式上已经表现出多学科综合研究的特点。目前主要是古生物学、沉积学、地震地层学、磁性地层学、同位素地质学和测井地质学等方面的密切配合, 互相渗透, 靠单一学科是难以解决根本性问题的。

陆相湖盆相对湖平面升降的周期性演化规律已得到普遍证实。作为构造升降运动、沉积物供应作用和古气候条件的综合产物的相对湖平面变化必然要控制沉积湖盆内地层的类型和三维形态, 进而影响到烃类成藏的各种条件。另一方面, 陆相湖盆与海盆的沉积演化旋回有明显的差别, 尤其是象歧北凹陷下第三系沙河街组这种近物源、多物源、多旋回且受相邻海盆影响的沉积层序, 应该建立相应的层序地层模式, 包括层序边界类型、体系域模式、准层序模式和体系域演化旋回模式等。

歧口凹陷地处黄骅坳陷中部, 其轴线大体呈北东走向, 整个凹陷被北东东向的南大港低隆起分割成歧北、歧南两个次一级的凹陷。两凹陷均呈北侧陡且深、南侧缓而浅的箕状不对称。歧北凹陷是歧口凹陷的主要部分, 为黄骅坳陷第三纪以来长期继承发育的中央大凹陷, 是沙河街-东营期的沉积中心。沉积厚、层系全, 发育了沙三、二、一及东营四套生、储油

岩系。生油岩厚达 1800 m，生油条件好，砂体类型多。勘探工作表明不同层系油气显示普遍，亦有一批井获工业油流。因此，该凹陷有着良好的勘探开发前景。前人已对歧口凹陷做了大量的石油地质基础工作。但层序地层学工作还尚未开展。

本次研究同时从地震地层、沉积学、古生物和古生态学以及构造地质学各个方面探讨层序地层模式，保证了年代地层框架的等时性，体系域分类的科学性，以及生储盖等石油地质条件预测的准确性。

1 歧北凹陷沙河街组层序分析

层序地层学以层序作为盆地分析的基本单元。层序是由具有年代地层意义的一套相对整合的，成因上相关的地层序列组成，其顶、底以不整合面或与之相当的整合面为界。目前，有三种层序边界的划分方法，其差别见表 1 和图 1。

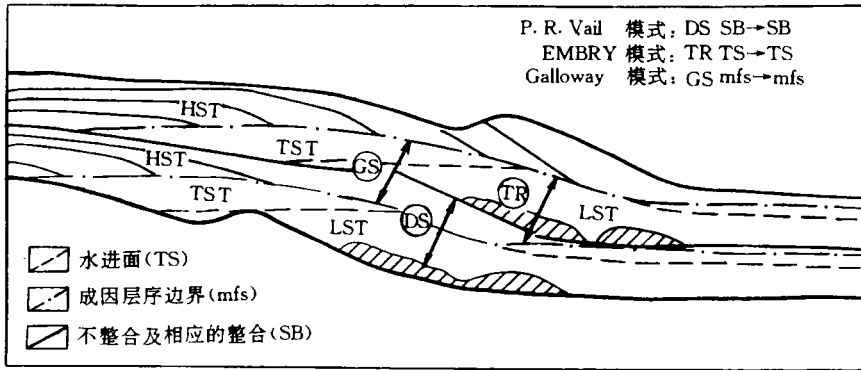


图 1 几种不同的层序定义

Fig. 1 Definition of some different sequences

表 1 几种层序的不同定义和区别

Table 1 Definition and difference of some sequences

层序类型	边界特征	旋回组成	短 处
P. R. Vail(1977) 沉积层序	SB to SB 不整合面与相应整合面 特征:地震上超面, 基底平直的测井曲线, 沉积相的 向下迁移	LST + TST +HST	无特定的岩性特征
Galloway(1989) 成因层序	mfs to mfs 区域性页岩地震下超面(高振幅和连续)、 测井高伽玛值, 富含化石的区域性页岩	HST + LST +TST	层序中间含不整合面, 导致二部分成因单元
Embry(1993) 海进海退层序	TS to TS 不整合面和海进面, 地震上位于海退超覆 体底部, 测井曲线位于第一个海退准层序底, 岩性上 侵蚀面或不整合面	TST + HST +LST	地震识别的规模问题

本次研究采用 Vail 的层序划分方法, 综合地震、测井、沉积、古生物等资料对歧北凹陷地层进行了层序划分, 其划分方案见图 2。

系	统	组	段	绝对年龄 M. Y.	湖平面升降 曲线 高 低	体系域	层序	地震界面	典型 地震界面	
上第三系	中新统	馆陶组		24.6				T ₂		
下 第 三 系	渐 新 统	东 营 组	一	30.8	[湖平面升降曲线]	高位	层 序 I	T ₃	G86-520 81-D14 G88-201	
			二	33.5		湖进			81-D14	
			三			低位				
		沙 河 街 组	沙一段	36	上	[湖平面升降曲线]	高位	层 序 I	T ₄	81-D14 G86-520 81-516
			中		湖进					
			下		低位					
	沙二段		38							G81-D14 80-58
	始 新 统	沙 河 街 组	沙三段	43	[湖平面升降曲线]	高位	层 序 I	T ₅	G86-203 G81-D63	
			沙四段?			湖进			81-D14 80-58 G86-525	
		沙 河 街 组	沙四段?	50.3	[湖平面升降曲线]	低位	层 序 0	T ₆	G86-520 G86-203	
			湖进			81-D14 80-58				
白垩系							T _g	81-D14		

注: 绝对年龄根据渤海湾盆地 1992 年资料

图 2 歧北凹陷南部缓坡区层序划分方案

Fig. 2 Dividing Scheme of sequences in gentle slope of the southern Qibei seg

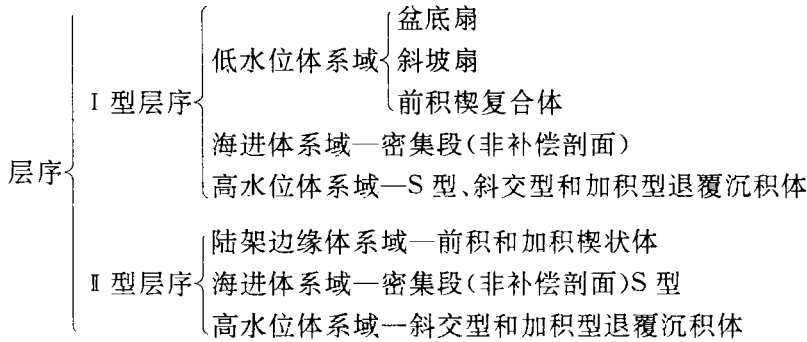
层序划分以不整合-地震反射界面作为层序边界, 将沙河街组划分成二个层序。层序 I 为沙三段, 层序 II 包括沙二段和沙一段。此外还揭示了 0 层序存在的可能性, 大大增加了勘探前景。

如果仅以湖进面作为层序边界, 沙二段只能作为沙一段之下的另一个层序, 而沙二段底部又是一个较重要的不整合面, 沙三上部已遭受剥蚀, 因此将沙二段划为第二个层序较

为合适。现有沙三段不太厚，南部的剥蚀是主要的原因。断陷主要发育期层序边界以上超面为主，上超面较陡；在断陷发育晚期，湖盆开阔，湖底平缓，上超面平缓，上超点不易识别，故应结合剥蚀不整合面和上超面来共同判别层序边界。

2 沙河街组体系域特征

对海相层序地层学研究来说层序又可分为若干个体体系域，体系域是成因上相关的沉积体系的三维组合体。层序与体系域有如下关系：



体系域与海平面升降有着十分密切的关系。一般说，低水位体系域盆底扇对应全球海平面快速下降期；低水位体系域斜坡扇对应全球海平面下降晚期；低水位体系域前积楔对应全球海平面下降晚期至上升早期；海进体系域对应全球海平面快速上升期；高水位体系域对应全球海平面上升晚期、全球海平面停滞和全球海平面下降早期。

对陆相层序地层学研究来说，一个完整的层序也同样可以划分为若干个体体系域，即低位体系域、湖进体系域和高位体系域。体系域发育主要受湖平面升降变化控制，而湖平面的升降变化主要受构造沉降和古气候的控制。湖平面相对较低时，发育低位体系域，当湖水快速上涨时，形成湖进体系域，当湖平面上升到较高位置时便形成高位体系域。在沙河街组所划分出的二个层序中，均可进一步划分出低位、湖进和高位三个体系域(图 2)。以层序 II 为例，各个体系域的特征如下。

2.1 低位体系域特征

在 G86—230 测线以南，80—516 测线以东的范围内为迭状前积相；在 G88—504 测线的南端和北端，G80—512 测线的北端为上超充填相；在 80—516 与 84—525 测线之间，G86—201C 测线以南的地区是楔状相；其它地区为中等连续状相。另外，在 G86—525 与 G86—206 测线相交的附近及 G86—211 与 G86—538 测线相交的地方有小面积的丘状相。歧北凹陷的东北部地区存在层速度高值区，局部超过 4500 m/s，在高值区内，存在局部低值区。东南部有面积较小的高值区，西南部层速度值偏低，局部地区小于 2500 m/s，大部分地区的层速度值在 2500—3500 m/s 之间。在北部，砂岩厚度较大，在东北部和西北部最厚，物源主要是从东北方向和西北方向来的。砂岩指数的高值区同层序 I 的高值区有连续性，东南部和东北部继续存在高值，只是范围缩小，砂岩指数降低，其它大部分地区的砂岩指数小于 20%，镶嵌有局部高值区。与低位体系域对应的古生物群为椭圆块、星方组合带、麻

黄粉高值带和褶皱藻-毛球藻组合带,反映了亚热带干旱气候下的淡-微咸水浅湖沉积环境(图 3)。该体系域浅湖生物相广布。凹陷北部及东北部的浅-半深湖生物相(水下扇相)中,也时可见有淡水、浅水的生物砂体,说明了此沉积期湖线向湖中心的推进,具代表性的井位有港中 7—59 及深 23 等。

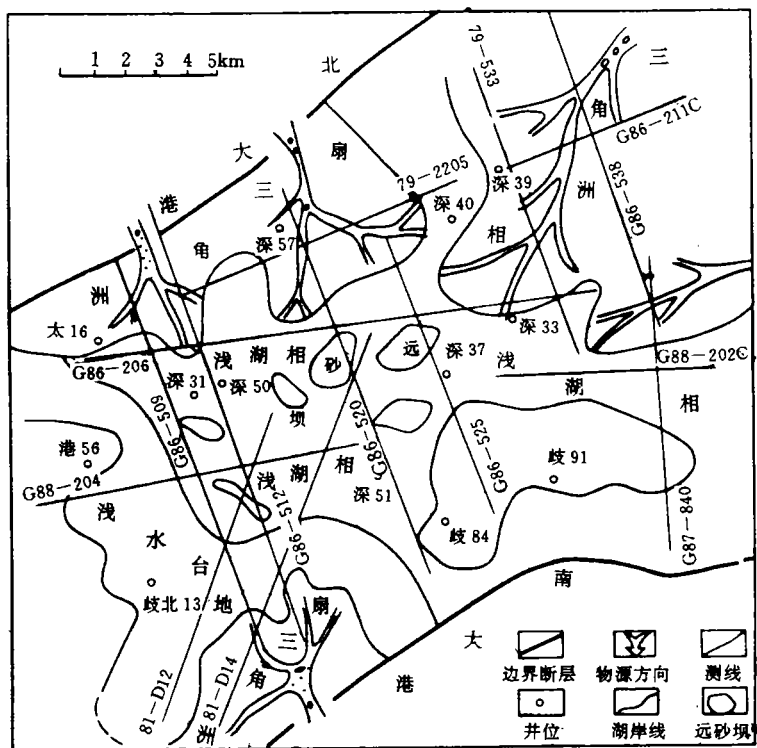


图 3 歧北凹陷沙河街组层序 I 低位体系域沉积相图

Fig. 3 Sedimentary facies diagram of LST of the shahejie formation sequence- I in Qibei Seg.

歧北凹陷部分地区未接受沙二段沉积(即低体系域沉积),湖盆岸线在歧北地区西起歧 67 井途经 92、86 井至歧 41 井联线的东北,已接近凹陷的深部,地层为一套由北东至西南方向的超覆沉积,岩性为砂泥岩互层。平面上按沉积环境不同分为二个相区:太 16—深 31—深 51 西南侧为浅水台地相,东南侧为浅湖相区,发育有三角洲及扇三角洲沉积。根据岩相分析,水流、物源主要来自北及北东方向,因岸流的作用,砂体主要分布在底流经过的湖湾内侧。随着水动力的减弱,砂质沉积逐渐减小。纵观全区,湖湾北侧砂体比南侧发育,东边比西边发育。总之,低位体系域(沙二段)为典型的湖湾沉积,湾岸地带既是储集性很好的砂体发育区,也是沙二段地层的超覆和砂体的尖灭带,十分有利于岩性上倾尖灭和地层超覆圈闭的形成。

2.2 湖进体系域特征

在歧北凹陷的西南部为上超充填相;东北部为低频中连续弱振幅相,其中在 G86—538 与 G86—211 测线相交的地方镶嵌有丘状相;在中部有西北-东南方向长条状的低频高连续强振幅相。在北部港深 53、港深 57、港深 59、港深 35 井联线之间和港深 40、港深 16、港深

21、港深 13 井联线之间砂岩的厚度较大, 在南部砂岩的厚度较小, 东北方向是主要的物源方向。与湖进体系域对应的古生物群是: 惠斤小豆介组合带、栋粉高含量组合带和薄球藻-菱球藻组合带, 代表了一次大规模水进, 反映了由干热转向暖湿气候下的半咸水、浅—深湖沉积环境。凹陷西南部浅湖生物相带很宽, 其中生物相普遍存在, 具代表性井位如港 36、歧 26 等。而半深湖-深湖生物(重力流相)的分布也很广泛, 如港深 51、港中 59 及港 2005 井等。层序 I 的湖进体系域沉积, 在歧北凹陷六间房以西沉积了一套油页岩, 钙质页岩、白云质灰岩和生物碎屑为主的特殊岩类, 自低洼向隆起逐层超覆在沙三段不同层位之上, 为一厚约 50—150 m 的正旋回沉积。六间房以东即凹陷主体部位, 发育有近岸水下扇和深水重力流水道相砂体。平面上可分为三个大的相带, 即滨湖-碳酸盐岩台地相、浅湖相及深湖相(图 4)。剖面上为厚层砂组, 呈旋回式尖灭于厚层黑色泥岩段内, 封堵条件优越。

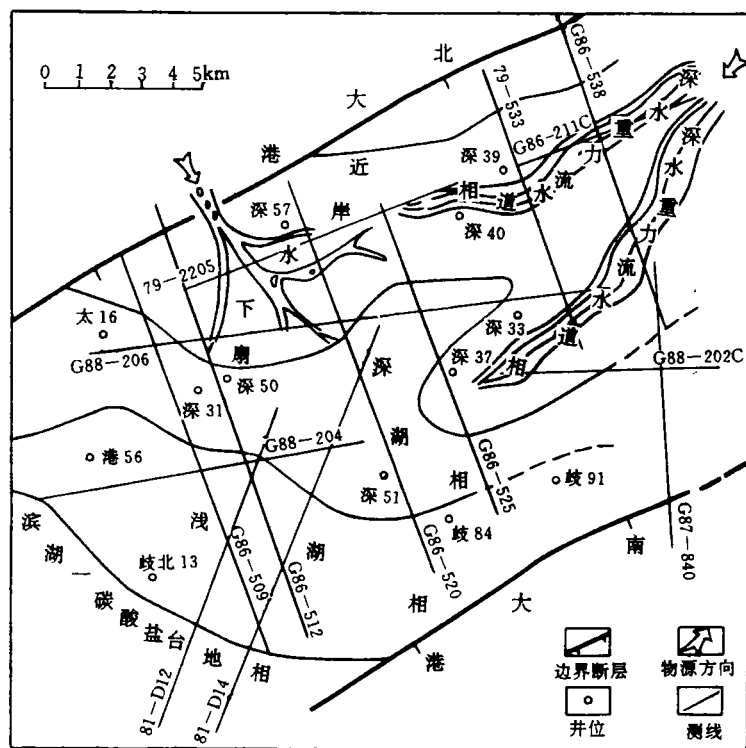


图 4 歧北凹陷沙河街组层序 I 湖进体系域沉积相图

Fig. 4 Sedimentary facies diagram of TST of the shahejie formation sequence-I in Qibei seg

2.3 高位体系域特征

凹陷东部地区有大面积的层速度高值区, 一般在 3000 m/s 以上; 西南部地区层速度值偏低, 局部地区小于 2500 m/s, 大部分地区层速度在 2500—3000 m/s 之间。在东部砂岩厚度较大, 在马棚口和新马棚口地区最厚, 向西逐渐减小, 有大片的纯泥岩区。东北向为主要物源方向。同高位体系域早期相似, 在东部地区砂岩厚度较大, 但厚度有所减小, 向西厚度逐渐变薄。物源方向还是东北向。此体系域的砂岩指数比层序 I 和层序 II 低位体系域的低。在东南部地区高值区继续存在, 在北部偏东及西南部地区有高值区存在, 其它大部分地区

的砂岩指数偏低,不超过 20%,在中闸偏西地区还有大片的 0 值区。高位体系域(沙一段中、上部),古生物群单峰华花方一近三角河北方组合带、榆粉高含量组合带与网面球藻域中球藻组合带与之对应,反映为暖湿气候下的半咸水深湖沉积环境。该体系域中半深—深湖生物相普遍存在。

沙一中、上部分别为层序-Ⅱ的高位体系域早期和晚期沉积。早期,在六间房以西,岩性单一,为纯黑色泥页岩;以东亦为大段黑色泥页岩。局部夹粉细砂岩层,一般小于 5 m。晚期,六间房以西为大段深灰色泥岩,仅见底部有一层厚度小于 2 m 的钙质砂岩;以东,底部为一组厚 50 m 左右的砂岩,厚度中心基本沿凹陷轴部展布,向西南上倾方向减薄尖灭。

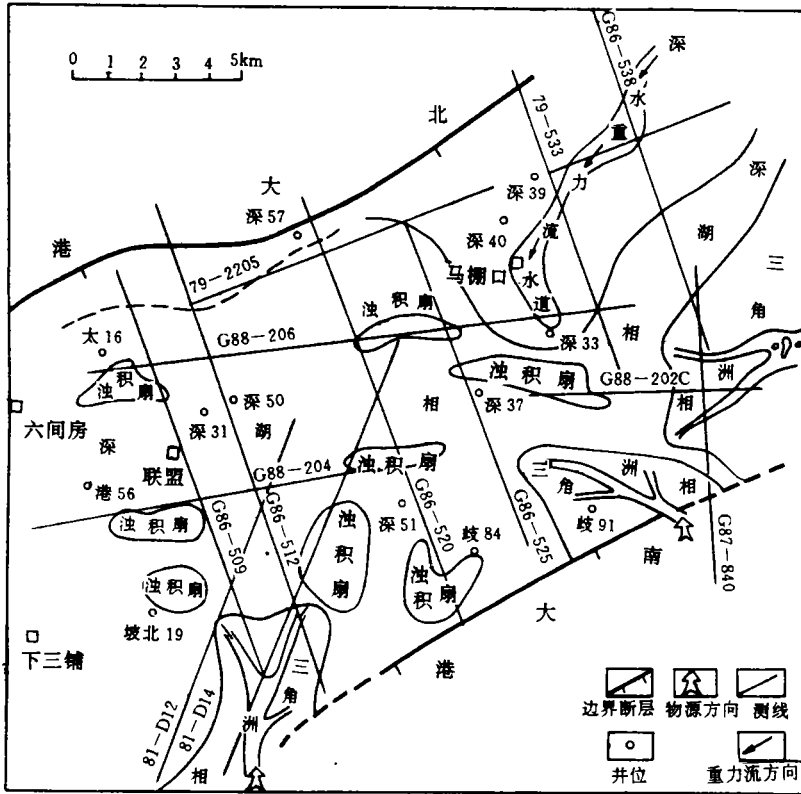


图 5 歧北凹陷沙河街组层序Ⅱ高位体系域沉积相图

Fig. 5 Sedimentary facies diagram of HST of shahejie formation sequence-Ⅰ in Qibei seg

总的来说,高水位体系域形成期以深湖相发育为特征,同时发育深水重力流水道沉积,三角洲沉积及浊积扇沉积(图 5)。

结 论

(1) 通过对歧北凹陷沙河街组的地震地层学、古生物学、沉积学及测井地层学等方面的综合分析,建立了歧北凹陷沙河街组的层序框架。将沙河街组划分为两个大的层序,层序Ⅰ相当于沙三段,层序Ⅱ相当于沙二段和沙一段,同时根据地震资料预测了 0 层序,即沙

四段存在的可能,从而扩展了勘探前景。

(2) 陆相地层同海相地层层序一样,一个完整的层序也可划分为若干个体系域,即低位体系域,湖进体系域和高位体系域。体系域的发育主要受湖平面升降变化的控制,而箕面的升降变化主要受构造沉降和古气候的控制。值得注意的是象对歧北凹陷这样的箕状凹陷来说,陡岸和缓坡的湖平面升降往往是不一致的。由于箕状凹陷两侧的不对称沉降,常常造成一侧湖平面相对上升,而另一侧湖平面相对下降的情况,对这方面的认识还有待于做进一步的工作。

(3) 对沙河街组层序Ⅱ各个体系域的分析表明,每个体系域有其自身的特征,且在地模、沉积及古生物等几方面均可较好的反映出来,总的来说,低位体系域的发育规模较高位体系域要小,这无论是从沉积厚度还是平面展布上来说都是如此。且低位体系域形成期以滨浅湖相沉积为主;高位体系域形成期以深湖相发育为主;而湖进体系域形成期,滨浅湖及深湖相沉积均有发育。

(4) 研究表明沙河街组各层序体系域中均有砂体分布。低位体系域以发育三角洲及扇三角洲相砂为主,湖进体系域以发育近岸水下扇及深水重力流水道相砂体为主,而高位体系域则以发育深水重力流水道及浊积扇砂体为主。就储集条件而言,低位体系域以砂泥岩互层沉积为主,且有大遍地层超覆存在,故对形成岩性上倾尖灭和地层超覆圈闭十分有利;湖进体系域发育的厚层砂组呈旋回式夹于厚层黑色泥岩层段内,封堵条件优越;而高位体系域形成的深水重力流水道和浊积扇砂体则一般为块状,结构均一,储油物性较好,且分布于深湖相厚层泥岩中,因而具有良好的储集性。

收稿日期:1995-8-2

参 考 文 献

- [1] Vail, P. R., Seismic stratigraphy interpretation procedure, in A. W. Bally, ed., Atlas of Seismic Stratigraphy: AAPG Studies in Geology 27, 1987, 1:1-10.
- [2] Posamentier, H. W., M. T. Jervey and P. R. Vail, Eustatic controls on clastic deposition I -conceptual frame-work, in C. K. Wilgus, B. S. Hastings, H. S. Posamentier, J. Van Wagoner, C. A. Ross and C. G. Kendall, eds., Sea-level changes: an integrated approach: SEPM special publication 1988, 42, 109-124.
- [3] Van Wagoner, J. C., H. W. Posamentier, R. M. Mitchum, P. R. Vail, J. F. Sarg, T. S. Loutita and H. Hardenbol, An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions, in C. K. Wilgus, B. S. Hastings, H. S. Posamentier, J. Van Wagoner, C. A. Ross and C. G. Kendall, eds., Sea-level changes: an integrated approach: SEPM special publication 1988, 42.
- [4] Galloway, W. E., Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units: AAPG Bulletin, 1989, 73: 125-142.

Sequence Stratigraphy of Shahejie Formation in Qibei Seg

Wu Yuanyan Liu Zhen Wang Weihua Fei Anwei and Liu Luofu

(University of Petroleum, Beijing 102200)

Abstract

Based on seismic, palaeontological, sedimentary and logging data, strata frequency of Shahejie formation in Qibei seg, Huanghua depression was studied by means of sequence stratigraphy, and the formation was divided into two sequences, I (3rd member of the formation and II (2nd and 1st members of the formation). Each sequence was further divided into three system tracts, low stand, transgressive and high stand system tracts. The characteristics of the system tracts were described in detail, and prospective facies tracts and zones for oil/gas accumulation in the seg were pointed out in the paper.

Key words: Qibei seg Shahejie formation Sequence stratigraphy Sequence System tracts.