

文章编号: 1000-0550(2008)04-0617-07

断陷盆地油气汇聚体系与层序地层格架之间的关系研究^①

纪友亮^{1 2} 张善文³ 王永诗³ 黄建军^{1 4}

(1 中国石油大学 北京 102249 2 同济大学 上海 200092 3 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司 山东东营 57000

4 中国石油化工股份有限公司上海海洋油气分公司研究院 上海 200120)

摘要 上篇文章介绍了油气汇聚体系的概念和类型, 油气汇聚体系的类型和级别在很大程度上与层序格架的特征、级别有很大关系, 本文的目的旨在讨论层序格架中油气成藏单元与层序级次之间的关系, 在此基础上, 通过建立不同级别的层序地层格架, 结合储层的分布和构造断裂等因素, 预测油气的汇聚特征。

关键词 油气汇聚体系 储集系统 层序地层

第一作者简介 纪友亮 男 1962 年出生 教授 博士生导师 石油地质学、沉积学和层序地层学 E-mail: Jiyouliang@cup.edu.cn

中图分类号 TE122.2 P539.2 文献标识码 A

上篇文章《断陷盆地油气汇聚体系研究》提出了油气汇聚体系的概念, 油气汇聚体系由储集系统和油气输导系统构成, 储集系统可以分为 (1) 高连通、大型毯状; (2) 中连通、中毯状; (3) 低连通、小容量 3 种类型; 油气输导系统分为单一型和综合型两种类型。油气汇聚体系分为大型、中型、小型 3 种类型, 每种类型所对应的储集系统和油气输导系统各不相同。该概念的提出, 为研究层序格架中各种规模的油气汇聚体系与层序格架之间的关系提供了理论基础。本文的目的旨在讨论层序格架中油气成藏单元与层序级次之间的关系, 在此基础上, 通过建立不同级别的层序地层格架, 结合储层的分布和构造断裂等因素, 预测油气的汇聚特征。

在盆地内不同级别的油气汇聚体系受不同级别

的层序地层单元的控制, 探讨不同级别的层序和不同级别的油气汇聚体系的关系, 可以预测油气汇聚体系的规模和分布。

1 层序级别与储层发育的关系

1.1 一级层序低水位体系域储层的分布特征

一级层序为构造成因层序, 一级层序低水位体系域沉积时期可容空间的增长量小, 沉积物的供应速率大于可容空间的增长速率, 发育有大型的冲积扇沉积体系、辫状河冲积平原沉积体系, 形成的储层的分布面积接近全盆地分布, 剖面上以块状砂体为特征, 同时泥质沉积物含量少, 以砂砾岩为主, 形成“砂包泥”的微观特征, 砂体储层的空间连通性强。可以形成高连通、大型毯状的储集系统 (图 1)。从馆陶组下段沉

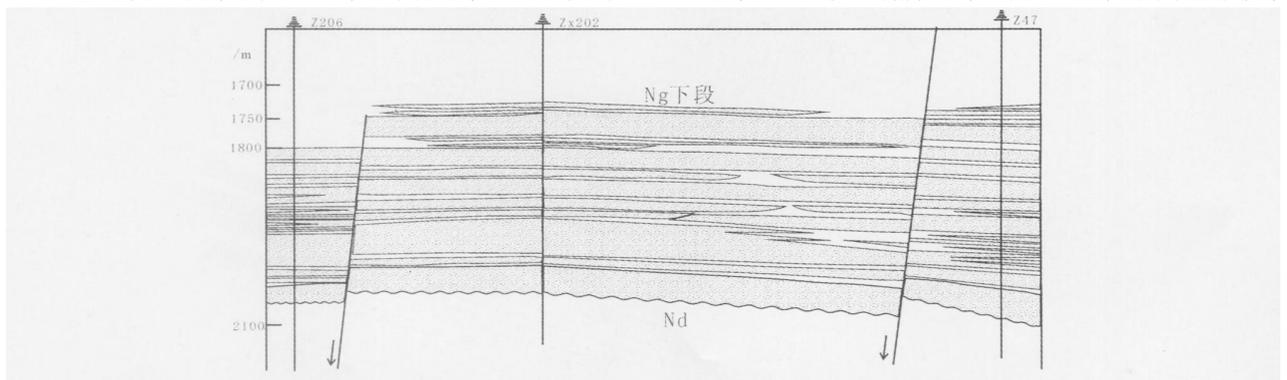


图 1 一级层序低位域储层剖面特征 (沾化凹陷馆陶组下段)

Fig 1 Sketch of reservoir profile in LST of 1st order sequence (Lower member of Guantao Formation in Zhanhua depression)

^① 国家自然科学基金重点项目 (批准号: 40334038) 及国家自然科学基金 (批准号: 40572077) 的联合资助。

收稿日期: 2007-08-22 收修稿日期: 2007-10-27

积早期沉积相图可以看出一级层序低水位体系域辫状河砂砾岩体分布于全盆地^[1]。

1.2 二级层序低水位体系域储层的分布特征

二级层序仍然是构造层序,发育的沉积体系与一级层序相似,其中河流三角洲沉积体系较为发育。在规模上有所减小,储层的平面展布面积仍然较大,可占到凹陷面积的一半,在剖面上块状砂体的规模也比一级层序低水位体系域的小(图 2 图 3),但仍然是“砂包泥”的微观特征,空间的连通性较强。可以形

成中高联通,中型毯状储集系统。

1.3 三级层序低水位体系域储层的分布特征

三级层序的低水位体系域的储层在平面上的分布面积要比二级层序低水位体系域储层的分布面积小的多,在盆地内是局部出现的。剖面上的特征随沉积环境,沉积体系的类型的不同而不同。一般多为湖底扇、扇三角洲等储集能力相对较强的储集系统(图 4 图 5)。空间连通性在低水位体系域的不同部位表现不同。

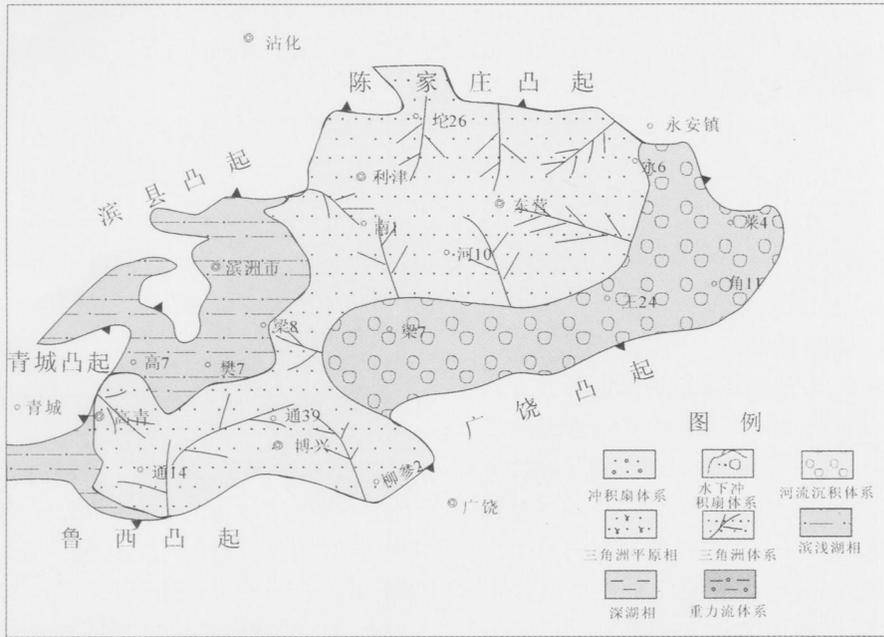


图 2 二级层序低水位体系域(东营凹陷沙二上亚段)沉积相图,示意储层的分布占据盆地的大部分区域

Fig.2 Sedimentary facies map of LST of 2nd order sequence (upper part of 2nd member of Shahejie Formation), showing the distribution of the reservoir occupying the most part of the basin

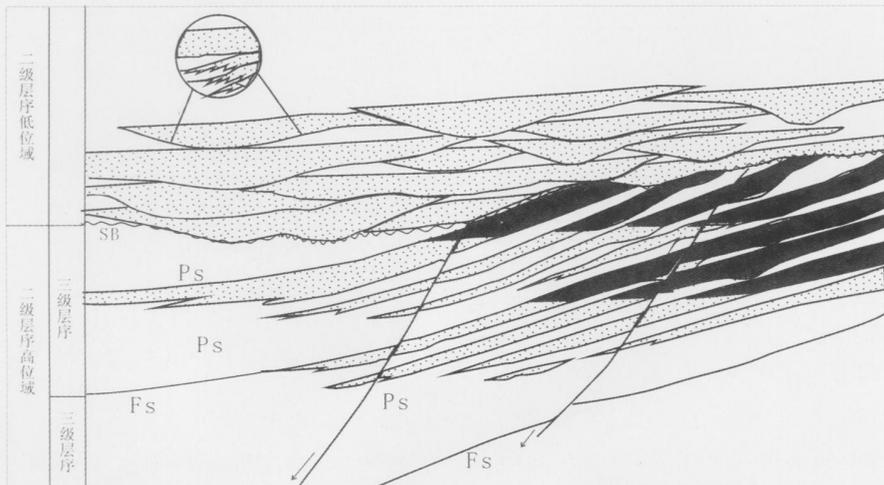


图 3 二级层序低位域储层剖面特征

Fig.3 Sketch of reservoir profile in LST of 2nd order sequence

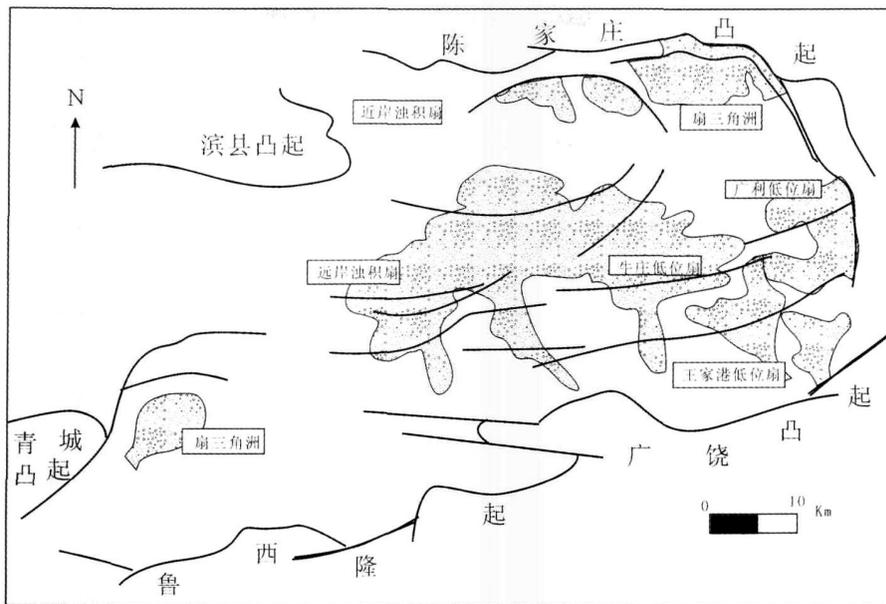


图 4 东营凹陷三级层序低水位体系域湖底扇储层在盆地内局部分布示意图

Fig. 4 A sketch showing that sub water fan reservoir of LST of 3rd order sequence distributed locally in Dongying depression

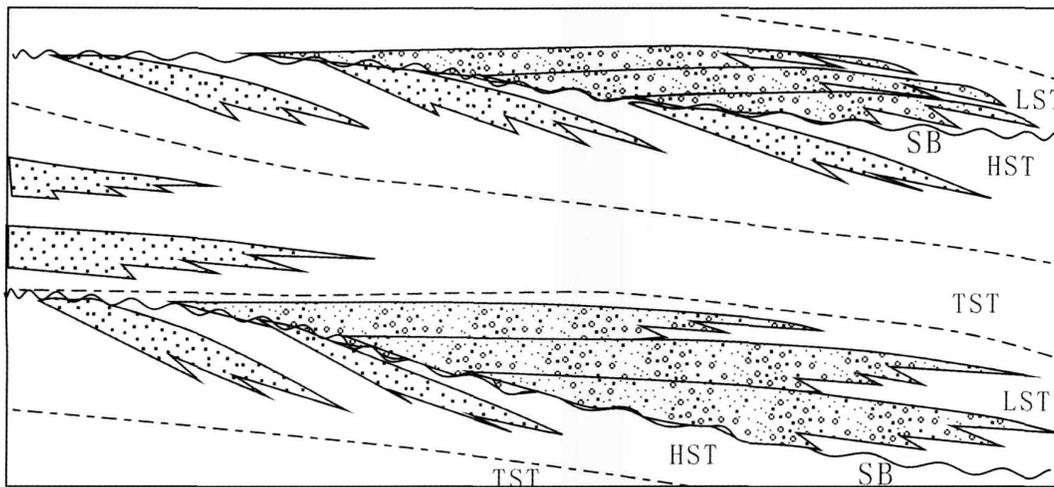


图 5 三级层序低位域储层剖面特征

Fig. 5 Sketch of reservoir profile in LST of 2nd order sequence

三级层序低水位体系域的储层主要为靠近湖盆中央坡折带或断阶带分布的低位扇体,特别是凹陷边界断层所控制的扇三角洲、浊积扇等砂砾岩扇体。由于低水位体系域沉积时期沉积基准面较低,变化不大,所以所发育的各种低位扇体在平面上的叠合率、纵向上的叠置率均较高,即储集系统的空间连续性较好。同时由湖平面所控制的湖相沉积范围较小,而非湖相沉积范围较大,所以冲积扇、河道砂等非湖相沉积也是储集系统的重要组成部分。储集物性较好的

扇三角洲前缘砂体,河道砂体等常常使得三级层序低水位体系域沉积体成为中高储集能力、中高连通型的储集系统。

2 不同级别的油气汇聚体系的构成因素

2.1 一、二级层序低位体系域的储层是构成大型油气汇聚体系的主要因素

陆相断陷湖盆中一、二级层序低位体系域往往发

2.4 不同级别的油气汇聚体系之间的相互关系

从不同级别的油气汇聚体系的构成及与层序级别的关系来看, 大型油气汇聚体系是由中型油气汇聚体系构成。中型油气汇聚体系是由小型油气汇聚体

系构成, 但中、小型油气汇聚体系可以是独立的, 不构成大型油气汇聚体系的组成部分 (图 6)。

从上述分析可以看出 (1) 面积大、连通性好的砂岩与其他因素配合, 形成大型油气汇聚体系; (2) 面

表 1 济阳拗陷层序级次与油气汇聚体系之间的关系

Table 1 Relationship between the scales of sequences and petroleum collective system

岩石地层		层序单元划分			大型油气	中型油气	小型油气	探明储量
组	段、亚段	一级	二级	三级	汇聚体系	汇聚体系	汇聚体系	
明化镇组	N ₂ m		SQ ₂ ²	2		√	若干	
馆陶组	N ₁ g	SQ ₂	SQ ₂ ¹	1	√	√	若干	32.5%
东营组	Ed ₁	SQ ₁	SQ ₁ ⁴	2	√	√	若干	4.6%
	Ed ₂							
	Ed ₃							
沙河街组	E ₅ ¹			1		√	若干	5.7%
	E ₅ ²							
	E ₅ ³		SQ ₁ ³	7	√	√	若干	25.33%
	E ₅ ⁴			6		√	若干	17.93%
	E ₅ ⁵			5				
	E ₅ ⁶			4				
	E ₅ ⁷			3				
孔店组	E ₄ ¹		SQ ₁ ²	4	√	√	若干	9.91%
	E ₄ ²			3				
	E ₄ ³			2				
	E ₄ ⁴			1				
	E ₄ ⁵			1				
孔店组	Ek ₁		SQ ₁ ¹	5				0.7%
	Ek ₂			4	√	√	若干	
	Ek ₃			3				
				2				
				1				

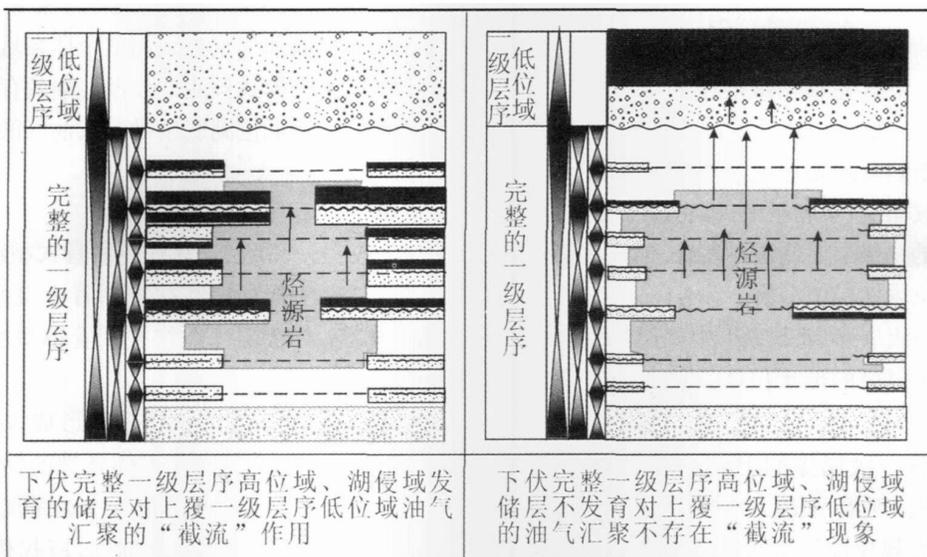


图 7 下伏的完整的一级层序储层发育情况对上覆一级层序低位域油气汇聚的影响

Fig. 7 The effects of the development of reservoir of 1st order sequence below to the accumulation of petroleum in the reservoir of LST in the 1st order sequence above

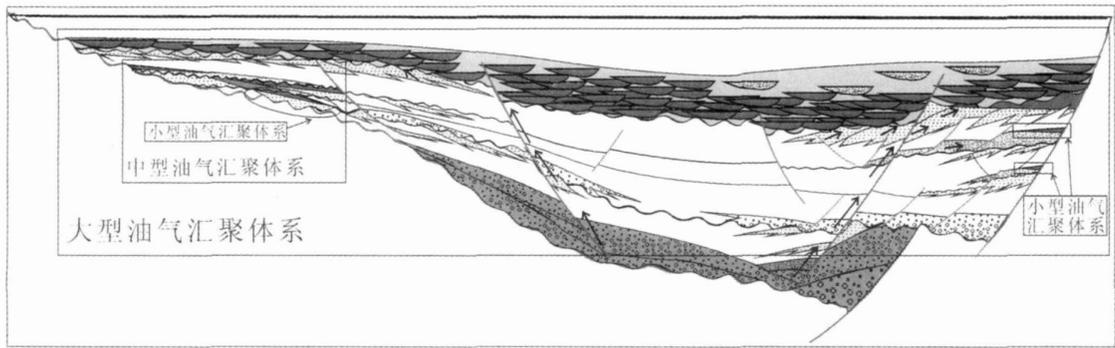


图 8 该图显示沾化凹陷南北向剖面中不同级别油气汇聚体系之间的关系

Fig 8 A sketch profile in N-S direction showing the relationship between the petroleum collective systems of different scale

积中等, 连通性好的砂岩与其他因素配合, 形成中型油气汇聚体系; (3) 面积小, 连通性好的砂岩与其他因素配合, 形成小型油气汇聚体系。好的储层往往分布在层序的低位域中, 储层的厚度及分布面积与层序的级别有密切关系。1~2级层序的低位域储层分布面积最广, 厚度最大, 3级层序次之, 4级层序更次之。

3 层序的组合与油气分布的关系

不同类型、不同结构和不同级别的层序在垂向上的组合影响着油气的汇聚规律。

断陷湖盆中完整的一级层序一般形成于断陷湖盆的整个断陷发育期, 因此在一级层序的湖侵体系域、高水位体系域特别是湖侵体系域中会发育大量的烃源岩沉积, 是断陷湖盆层序地层格架中生烃的主体。

因此根据油气运移的方向特点, 上覆一级层序的低水位体系域与下伏完整一级层序的空间组合最有利于上覆一级层序低水位体系域的油气聚集(图 7)。

而发育于断陷盆地层序地层格架底部的完整一级层序的低位域储层, 不利于油气向其中的运移。

下伏完整的一级层序储层不发育, 油气运移到上覆一级层序低位域储层中汇聚。

下伏完整一级层序 HST、TST 中储层的发育情况影响着上覆一级层序的低水位体系域的油气汇聚程度。

若下伏完整一级层序的 HST、TST 中储层不发育, 不存在“截流”现象, 上覆一级层序 LST 发育的储层可以形成超大规模油气汇聚体系的主体(如沾化凹陷)。

若下伏完整一级层序的 HST、TST 中储层较为发育, 存在“截流”现象, 上覆一级层序 LST 难以形成超

大规模的油气汇聚(如东营凹陷)。

4 勘探方式

大型油气汇聚体系中, 储层分布广, 因此在大型油气运聚体系中找油, 无需找储层, 只要找到有利构造, 就能找到油气(田)藏, 含油气盆地中早期发现的很多大型构造油气藏往往属于大型油气汇聚体系, 与这些大型油气汇聚体系相关联的高部位的岩性或构造圈闭, 是有利勘探部位, 目前在滚动勘探中仍有发现。

在中型油气运聚体系中找油, 不仅要寻找储层, 既利用各种坡折带模式预测低位湖底扇的存在, 也要寻找有利构造。

在小型油气运聚体系中找油, 只要寻找到储层, 就能找到油气, 因四级层序低位湖底扇砂体体积小, 凹陷中生成的油气足以充满整个体系域的储层, 可利用各种坡折带模式预测低位湖底扇的存在, 四级层序坡折带之下的低位湖底扇是寻找油气的方向。

5 结论

(1) 一、二级层序往往控制着大型油气汇聚体系的形成, 二、三级层序往往控制着中型油气汇聚体系的形成, 三、四级层序往往控制着小型油气汇聚体系的形成。

(2) 大型油气汇聚体系的形成, 由于储层体积大, 在油气不足已充满整个体系域的储层时, 由于其横向连通性好, 油气可以在其中远距离运移。因此, 在大型油气汇聚体系中找油气, 应找构造, 找圈闭。在中型油气运聚体系中找油, 不仅要寻找储层, 也要寻找有利构造。在小型油气运聚体系中找油, 只要寻找到储层, 就能找到油气。

参考文献 (References)

- 1 纪友亮, 黄建军, 张善文, 等. 断陷盆地油气汇聚体系研究 [J]. 沉积学报, 2008, 26(3): 417-425 [Ji Youliang Huang Jianjun Zhang shanwen et al. The study of petroleum collective system in rift lacustrine basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2008 26(3): 417-425]
- 2 纪友亮, 张世奇, 李红南. 陆相断陷湖盆层序地层学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996 [Ji Youliang Zhang Shiqi Li Hongnan The Sequence Stratigraphy of Terrestrial Rift Lacustrine Basin [M]. Beijing Petroleum Industry Press 1996]
- 3 纪友亮, 张世奇, 李红南. 东营凹陷下第三系陆相盆地层序地层学研究 [J]. 地质论评, 1994, 40(增刊): 46-48 [Ji Youliang Zhang Shiqi Li Hongnan The study of sequence stratigraphy of terrestrial basin of lower Tertiary in Dongying Depression [J]. Geological Review 1994 40(suppl): 97-105]
- 4 熊继辉, 贾承造, 王毅, 等. 层序地层学及其在塔里木盆地石炭系研究中的应用 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996 [Xiong Jihui Jia Chengzao Wangyi et al. The Sequence Stratigraphy and Its Application in the Study of Carboniferous in Tarim Basin [M]. Beijing Petroleum Industry Press 1996]
- 5 宋国奇. 济阳坳陷下第三系湖相沉积的层序地层学分析 [J]. 现代地质, 1993, 7(1): 7-13 [Song Guoqi. The analysis of sequence stratigraphy of lacustrine sedimentation of Lower Tertiary in Jiyang Depression [J]. Modern Geology 1993 7(1): 16-21]
- 6 张善文. 沾化凹陷浅层勘探的思考 [J]. 复式油气田, 1999 (3): 6-7 [Zhang Shanwen. Some idea in the exploration of shallow strata in Zhanhua Depression [J]. Complex Oil and Gas Field 1999 (3): 6-7]
- 7 张善文, 王永诗, 石砥石, 等. 网毯式油气成藏体系——以济阳坳陷新近系为例 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(1): 1-9 [Zhang Shanwen Wang Yongshi Shi Dishishi et al. Meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system: taking Neogene of Jiyang depression as an example [J]. Petroleum Exploration and Development 2003 30(1): 1-9]
- 8 Shanley K W, McCabe P J. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata [J]. AAPG Bulletin 1994 78(4): 544-568
- 9 方石, 刘招君, 董清水, 等. 河流相层序地层学研究 [J]. 世界地质, 2000, 19(2): 132-137 [Fang Shi Liu Zhaojun Dong Qingshui et al. The study of sequence stratigraphy in fluvial environment [J]. World Geology 2000 19(2): 132-137]

The Relationship between the Scales of Petroleum Collective System and the Scales of Sequence Boundary

JI You-liang^{1, 2} ZHANG Shan-wen³ WANG Yong-shi³ HUANG Jian-jun^{1, 4}

(1. China University of Petroleum, Beijing 102249

2. School of Marine and Earth Science Tongji University Shanghai 200092

3. Shengli Oil Field Sinopec Dongying Shandong 257000

4. Institute of Shanghai Offshore Oil & Gas Company SINOPEC Shanghai 200120)

Abstract In last article, the concept of petroleum collective system and its scales are discussed. The type and scales of petroleum collective system are related with the structure of the sequence. Different scale are determined by the sequence of different scales. Petroleum collective system of different scale are determined by the sequence of different scales. The ways and the results of exploration in different scaled petroleum collective system of different scale are also different. So according to the scales of the sequence and systems, the scales and types of oil and gas field or oil and gas reservoir can be predicted and explored.

Key words oil and gas collective system, reservoir system, scale of sequence