

文章编号: 1000-0550(2007)03-0386-06

板桥凹陷断裂陡坡带沙一段层序样式和沉积体系特征及其成藏模式研究^①

黄传炎¹ 王 华¹ 肖敦清² 王家豪¹ 廖远涛¹ 白云风¹ 岳 勇¹

(1. 中国地质大学资源学院 武汉 430074 2 中国石油大港油田公司勘探开发研究院 天津 300280)

摘 要 板桥凹陷为一单断式箕状断陷,在凹陷的西北侧断裂陡坡带发育,本文以该区断裂陡坡带沙河街组一段为研究对象,对其层序样式和沉积体系特征进行了深入研究。研究发现:在断裂陡坡带以下高位扇三角洲前缘没有低位扇三角洲前缘发育的规模大,且低位时期下切谷和河流沉积较发育;陡坡带控制着砂体空间展布特征,砂体顺着断裂带分布,与断裂带的走向平行;断裂陡坡带还控制着优质烃源岩的发育部位,砂体、优质烃源岩和控盆断层组合,形成了多种油藏样式。本文总结了该区断裂陡坡带层序样式和沉积体系特征,建立了相应的油藏模式。

关键词 断裂陡坡带 沉积体系 油藏模式 沙一段 板桥凹陷

第一作者简介 黄传炎 男 1976 年出生 博士研究生 沉积学与层序地层学 E-mail: cyhuang76@163.com

中图分类号 P512.2 P539.2 文献标识码 A

在近年来的油气勘探中,构造坡折带日益引起勘探家的重视,我国一些大型油田在构造坡折带上的勘探均有重大突破^[1-5]。大港油田在板桥凹陷和歧口凹陷的构造坡折带上的勘探均取得了重要进展^[4-6],本文以板桥凹陷西北侧主控断层附近发育的断裂陡坡带为研究对象,以沙河街组一段(以下简称沙一段)为研究目标层,作者在对陡坡带发育的沉积体系及层序特征和油气成藏模式进行了深入研究的基础上,总结了该区断裂陡坡带层序样式和沉积体系模式,并建立了相应的油气成藏模式,这为该区及相似地区的勘探提供了借鉴作用。

1 地质概况

板桥凹陷位于黄骅坳陷中北部,西北侧为沧县隆起,南侧为北大港潜山构造带。受沧东断裂控制,板桥凹陷为一西断东抬的单断式箕状断陷,轴向与沧东断裂带平行,呈长条状,凹陷西翼陡,东翼较平缓(图 1)。

发育在板桥凹陷西北侧的沧东断层呈北东走向,跨经本区长度约 105 km,是断至结晶基底的深大断裂。据多数地质家分析,该断层属前第三纪剪切挤压逆断层,第三纪因裂谷盆地扩张反转为张性正断层,属继承性发育的同生断层,控制着盆地的形成与演化^[5-7],在其附近发育断裂陡坡带。在沧东主控断层

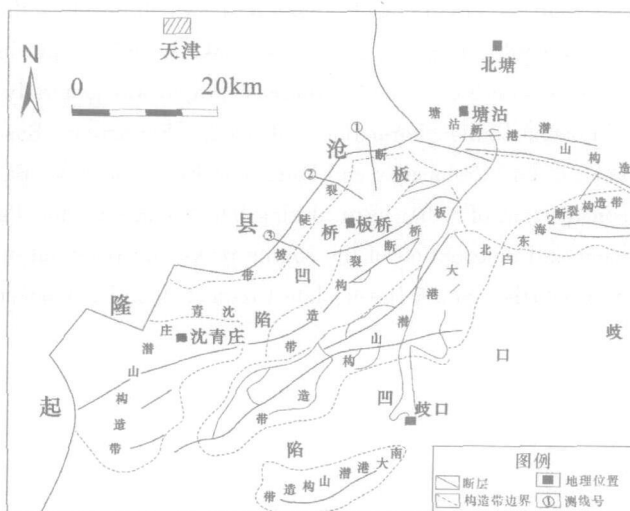


图 1 板桥凹陷构造区划图^[5] (修改)

Fig 1 The tectonic division map in Banqiao sag

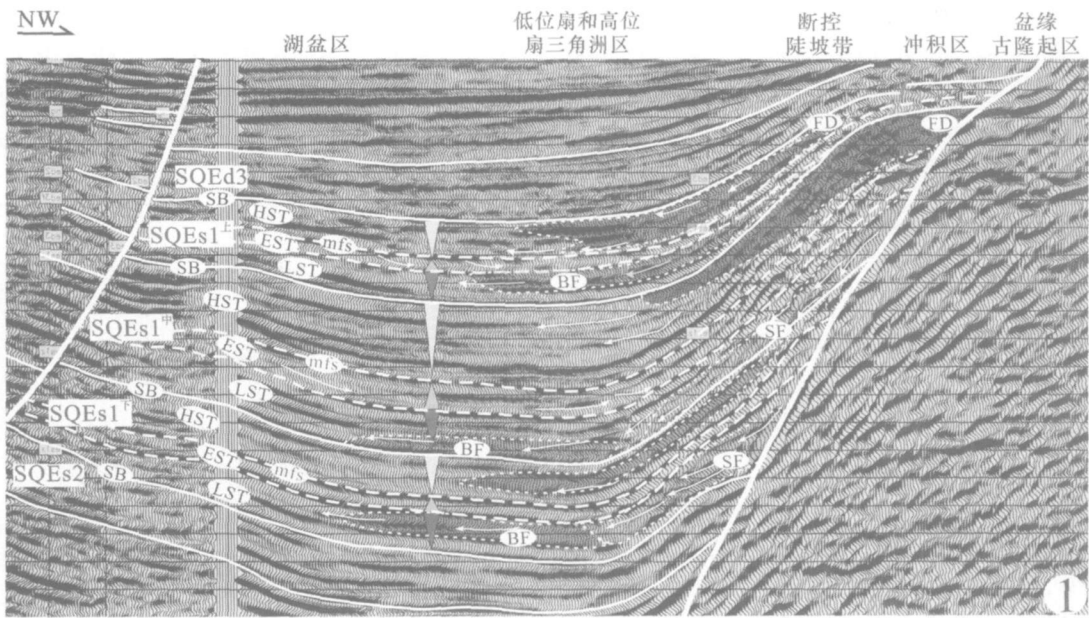
的下降盘,由于断距大,盆地基底深陷,水体深,成为沉积中心,而上升盘则形成盆缘隆起带,接受剥蚀并为湖盆沉积提供物源。

2 断裂陡坡带控制下的层序样式

本文选取了三条横切主控断层的地震剖面(图 1),分析发现,发育在板桥凹陷西北侧的断裂陡坡带,从陡坡到湖盆可以划分为盆缘隆起带、陡坡带、开

①中国地质大学(武汉)湖北省油气勘探开发理论与技术实验室和湖北省杰出青年基金的联合资助

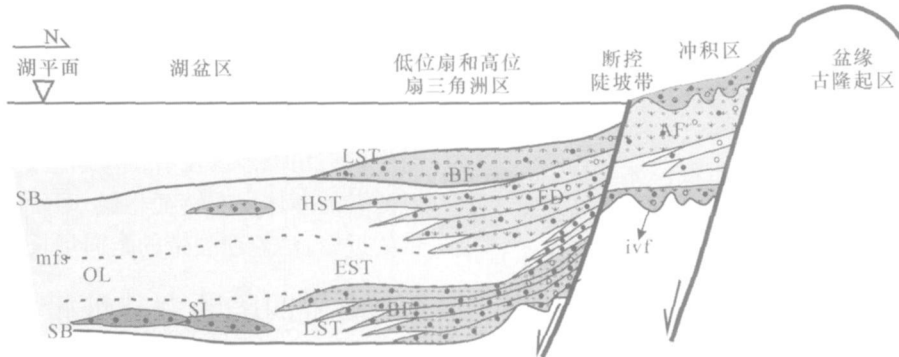
收稿日期: 2006-09-02 收修改稿日期: 2006-10-23



SQEd3 沙三段层序; SQEs1^F 沙一下亚段层序; SQEs1^I 沙一中亚段层序; SQEs1^L 沙一上亚段层序; SQEd3 东三段层序; HST 高位体系域; EST 湖扩展体系域; LST 低位体系域; BF 盆底扇; SF 斜坡扇; FD 扇三角洲; SB 层序界面; mfs 最大湖泛面;

图 2 板桥凹陷断裂陡坡带层序样式地震解释图 (①号测线)

Fig 2 The sequence pattern of the fault steep sbp belt in Banqiao sag (seismic line 1)



HST 高位体系域; EST 湖扩展体系域; LST 低位体系域; BF 盆底扇; AF 冲积扇; FD 扇三角洲; OL 开阔湖泊; SB 层序界面; mfs 最大湖泛面; SL 透镜体砂体; ivf 深切谷

图 3 板桥凹陷断裂陡坡带层序样式模式图

Fig 3 The sequence pattern model of the fault steep sbp belt in Banqiao sag

阔盆地区等次级构造单元; 相应的可划分出: 剥蚀区、陡坡冲积沉积区、陡坡低位扇和 高位扇三角洲沉积区、开阔盆地沉积区 (图 2 图 3)。

由于同沉积构造的长期活动, 断裂陡坡带对盆地充填的可容纳空间和沉积作用产生了重要影响, 它控制着沉积体系类型的发育和砂体的空间分布, 同时又受到物源和湖平面等因素的影响, 导致在层序的不同时期发育了不同的沉积体系。

低位体系域 (LST) 时期, 湖平面迅速下降, 盆地

水体萎缩。在盆缘隆起带, 诱发河流回春下切, 形成大量下切河流沉积, 为沉积物向凹陷中心输送提供了通道; 在陡坡带, 隆起带的剥蚀产物被河流迅速搬运到陡坡带底部沉积, 形成低位楔, 如果早期未固结的沉积发生崩塌作用, 产生重力流, 沉积物直接搬运到断层下降盘底部的深湖区, 就形成低位时期的盆底扇和斜坡扇。它们构成了低位体系域的下切谷、低位扇 (盆底扇、斜坡扇)、低位楔“三位一体”的组合。低位体系域的沉积物一般为含砾粗砂岩、粗砂岩, 磨圆度

和分选性都较差,滑塌变形构造和同沉积断层发育,大部分砂体直接伸入深湖区内,穿插并尖灭于生油岩中。这套单元在 seismic 剖面上清晰可见,其中冲积扇、低位扇三角洲以及浊积扇体系表现为明显的楔形或前积反射,在湖盆深处还可见呈丘状、透镜状、杂乱一空白反射地震相,指示盆底扇(图 2)。

湖扩体系域(EST)时期,湖平面快速上升,结束低位体系域的沉积,形成广泛分布的深湖到浅湖沉积,沉积大套深灰色泥岩,其泥岩直接沉积在下覆低位域砂岩之上,为低位域砂体提供了很好的盖层和烃源岩条件。湖扩域时期的砂岩沉积萎缩,在 seismic 剖面上表现为退积反射特征(图 2)。

高位体系域(HST)是指在湖平面达到最大并开始缓慢下降的时期,沉积物的供给速率大于盆地的构造沉降速率,此时可容纳空间开始减少,在断裂陡坡带之上形成高位三角洲水上平原沉积,在断裂陡坡带之下,发育近岸冲积扇和滑塌体,远端发育有高位三角洲前缘沉积,在 seismic 剖面上表现为明显的前积反射特征(图 2)。由于湖面上升,水体扩大,物源区后退,此时在陡坡带上形成的高位三角洲平原的规模大于低位三角洲平原,下切谷和河流沉积不发育,陡坡带以下发育的高位扇三角洲前缘没有低位扇三角洲前缘的规模大,且水下沉积物的粒度比低位域时期沉积物细、磨圆度和分选性都好。

综上所述,研究区断裂陡坡带低位体系域扇三角洲、近岸水下扇向凹陷中心前积距离大,在凹陷中心偶尔发育盆底扇;高位体系域扇三角洲、近岸水下扇规模较小,向凹陷中心前积距离小,甚至不发育扇体,且高位域发育的三角洲平原的规模大于低位域三角洲平原,而下切谷和河流沉积则不如低位域发育。该特征是由低水位时期和高水位时期湖平面与盆缘的位置所决定的,即断裂陡坡带不仅控制着低位体系域的发育和分布范围,而且还控制着湖扩域和高位体系域时水深和沉积相带的变化(图 3)。

3 断裂陡坡带控制下的沉积体系空间展布特征

断裂陡坡带不仅控制各时期沉积相带的变化,而且也控制着三角洲砂体在空间上的展布特征。根据研究区沉积体系研究发现(图 4),由沧县隆起带发育的物源经过短距离的搬运后,快速堆积到陡坡带的近岸,但砂体并没有向前推进到板桥凹陷的另一侧(即受北大港潜山构造带控制形成的缓坡带),而是顺着

断裂带的走向左右展布,形成一个长条状;在盆缘隆起带上发育河道的下切谷沉积,在陡坡带之下形成近岸水下扇和扇三角洲沉积,在深湖中心发育滑塌的重力流沉积,形成透镜状的盆底扇,砂体穿插并尖灭于生油岩中。

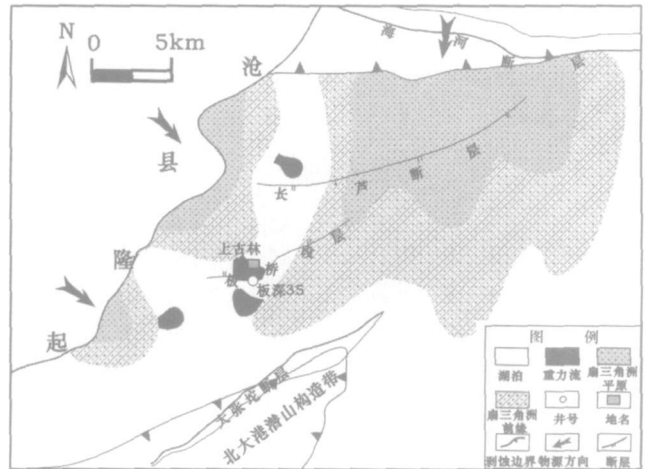


图 4 板桥凹陷及其周围沙一上亚段低位域沉积相平面图
Fig 4 Plane view of sedimentary facies in Banqiao sag, Es₁

据此,建立起板桥凹陷断裂陡坡带沉积体系空间展布模式图:碎屑物经过短距离的搬运后,快速堆积到陡坡带的近岸,形成近岸水下扇和扇三角洲前缘沉积,但在不同时期其沉积相的规模不一样,相较之下高位扇三角洲前缘没有低位扇三角洲前缘的规模大,但两者的砂体展布特征相似,即砂体主要堆积在陡坡带的近岸,沿着断裂带的走向呈长条状展布(图 5)。

4 板桥凹陷断裂陡坡带油气成藏模式

断裂陡坡带不但控制砂体的厚度和展布方向,而且还控制着优质烃源岩的发育,进而对岩性油气藏富集带的发育位置进行控制。

在断裂陡坡带下不仅发育了较厚的低位域砂体,而且也是湖扩域和高位域早期优质烃源岩发育的主要部位。因此,发育在低位域砂体之上的湖扩域和高位域早期优质烃源岩既构成低位域砂体的盖层,又可以作为其直接的油源岩,从而构成了良好的生、储、盖组合。同时,控制陡坡带发育的断层在断层活动期可以作为油气向上运移的输导通道,使得发育在断层附近的砂体与深层烃源岩相沟通;在断层活动的相对宁静期,又可以作为油气藏的封堵断层,有利于油气藏的保存。

因此,发育在断裂陡坡带之下的各种沉积微相和

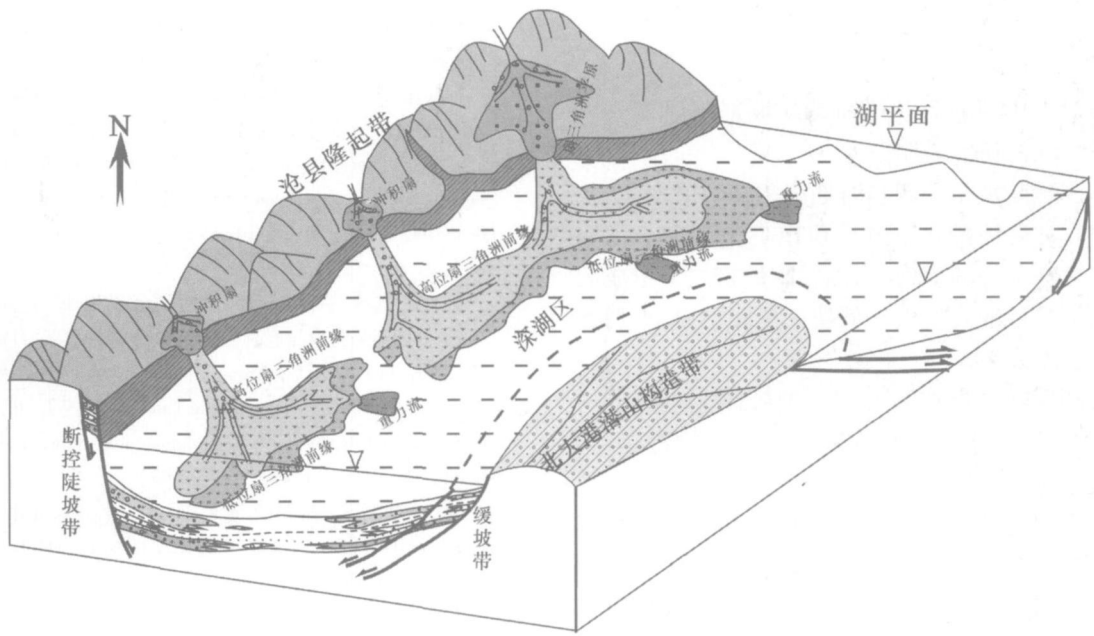
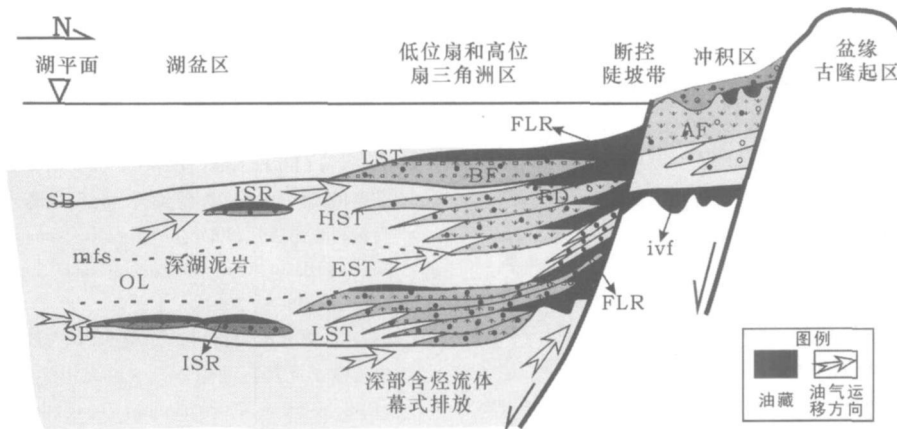


图 5 板桥凹陷断裂陡坡带沉积体系空间展布模式图

Fig 5 The depositional system model of the fault steep slope belt in Banqiao sag



HST 高位体系域; EST 湖扩展体系域; LST 低位体系域; BF 盆地扇; AF 冲积扇; FD 扇三角洲; OL 开阔湖泊; SB 层序界面; mfs 最大湖泛面; ivf 深切谷; ISR 孤立砂体油气藏; FLR 断层岩性油气藏

图 6 板桥凹陷断裂陡坡带油气成藏模式图

Fig 6 The reservoir model of the fault steep slope belt in Banqiao sag

断层组合,形成了多种油气成藏样式(图 6):发育在陡坡带下的近岸水下扇砂体和扇三角洲河口坝砂体,被断层切割,形成断层岩性圈闭,断层既起遮挡作用,又起到沟通下部油源的作用,成为深部沙河街组油气运移通道,使沙河街组油气沿断层垂向运移,在岩性圈闭中聚集,从而形成断层岩性油气藏,如板北上古林地区板 3 板 4 上油组就是由水下河道砂体在上倾部位被板桥断层切割遮挡形成断层岩性油气藏(位

置见图 4);受陡坡带控制,发育在深湖的低位域盆地扇,透镜体砂体被深湖泥岩所包围,形成“自生自储自盖”孤立砂体油气藏,如板深 35 井板 1 油组孤立砂体油气藏,属沙一中段油层(板 1 油组),沉积相带位于沙一中段水下扇体前缘,空间展布特征为离散状扁豆体,面积小,油层薄,不存在断层供油条件,油气以侧向运移为主,经油源对比证实为沙一中段自生自储油藏,原油成熟度低,原油性质差(位置见图 4)。

5 结论

通过对板桥凹陷西北侧断裂陡坡带层序样式和沉积体系特征的研究表明:

(1) 断裂陡坡带控制各时期沉积相带的变化, 相较之下发育在陡坡带之下的高位扇三角洲前缘没有低位扇三角洲前缘的规模大, 而在陡坡带之上形成的高位三角洲平原的规模大于低位三角洲平原, 下切谷和河流沉积不发育。

(2) 断裂陡坡带控制着三角洲砂体在空间上的展布特征, 碎屑物主要沉积在断裂陡坡带的近岸, 且沿着断裂带的走向呈长条状展布。

(3) 发育在陡坡带之下的各种沉积微相和断层组合, 形成了多种油气成藏样式; 发育在陡坡带下的近岸水下扇砂体和扇三角洲河口坝砂体, 被断层切割, 形成断层岩性圈闭, 控制陡坡带发育的断层既起到封堵遮挡的作用, 又起到沟通下部油源的作用; 发育在深湖的低位域盆底扇, 透镜体砂体被深湖泥岩所包围, 形成“自生自储自盖”孤立砂体油气藏。

致谢 本文在写作过程中, 得到了中石油东方地球物理勘探有限责任公司研究院大港分院和大港油田勘探研究院同仁的帮助, 作者在此向他们表示感谢。

参考文献 (References)

- 林畅松, 潘元林, 肖建新, 等. 构造折带——断陷湖盆层序和油气预测的重要概念. 地球科学, 2000, 25(3): 260-267 [Lin Changsong Pan Yuanlin Xiao Jianxin *et al* Structural slope break zone key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum for predicting in fault subsidence basins Earth Science Journal of China University of Geosciences 2000, 25(3): 260-266]
- 任建业, 张青林, 陆永潮. 东营凹陷弧形断裂坡折带系统及其对低位域砂体的控制. 沉积学报, 2004, 22(4): 628-635 [Ren Jianye Zhang Qinglin Lu Yongchao Arc shaped fault break slope system and

- its control on low stand systems sand bodies in Dongying Depression Acta Sedimentologica Sinica 2004, 22(4): 628-635]
- 冯有良, 徐秀生. 同沉积构造坡折带对岩性油气藏富集带的控制作用——以渤海湾盆地古近系为例. 石油勘探与开发, 2006, 33(1): 22-25 [Feng Youliang Xu Xiusheng Syn depositional structural slope break zone controls on lithologic reservoirs A case from Paleogene Bohai Bay Basin Petroleum Exploration and Development 2006, 33(1): 22-25]
 - 李丕龙, 蔡进功, 王居峰, 等编. 陆相断陷盆地油气地质与勘探(卷二)——陆相断陷盆地沉积体系与油气分布. 北京: 石油工业出版社, 2003 [Li Pibong Cai Jingong Wang Jufeng *et al* Petroleum Geology and Exploration of Continental Fault Basin (Vol II) - Sedimentary System and Hydrocarbon Distribution of Continental Fault Basin Beijing Petroleum Industry Press 2003]
 - 中国石油地质志(卷四)——大港油田. 北京: 石油工业出版社, 1991 [Petroleum Geology of China (Volume IV) - Dagang Oil Field Beijing Petroleum Industry Press 1991]
 - 于志海, 杨池银, 廖前进, 等. 黄骅拗陷天然气地质. 北京: 石油工业出版社, 1997 [Yu Zhihai Yang Chiyin Liao Qianjin *et al* Natural Gas of Huanghua Depression. Beijing Petroleum Industry Press 1997]
 - 林畅松, 刘景彦, 张英志, 等. 构造活动盆地的层序地层与构造地层分析——以中国中、新生代构造活动湖盆分析为例. 地学前缘, 2005, 12(4): 365-374 [Lin Changsong Liu Jingyan Zhang Yingzhi *et al* Sequence stratigraphy and tectono-stratigraphic analysis of tectonically active basins A case study on the Cenozoic Mesozoic tectonic basins in China Earth Science Frontiers 2005, 12(4): 365-374]
 - 李思田, 解习农, 王华, 等编著. 沉积盆地分析基础与应用. 北京: 高等教育出版社, 2004 [Li Sitian Xie Xinnong Wang Hua *et al* Sedimentary Basin Analysis Principle and Application. Beijing Higher Education Press 2004]
 - 冯有良, 潘元林, 郑和荣. 东营凹陷中始新统上部—上始新统层序地层模式及其石油地质意义. 沉积学报, 2000, 18(3): 377-383 [Feng Youliang Pan Yuanlin Zheng Herong Sequence stratigraphic model and its petroleum geological significance of the upper part of middle Eocene Series and upper Eocene Series in Dongying Depression Acta Sedimentologica Sinica 2000, 18(3): 377-383]

Sequence Patterns Characteristics of Depositional Systems and Model of Reservoirs of Fault Steep Slope Belt of the First Member of Shahejie Formation in Banqiao Sag

HUANG Chuan yan¹ WANG Hua¹ XIAO Dun qing² WANG Jia hao¹

LAO Yuan tao¹ BAI Yun feng¹ YUE Yong¹

(1. Faculty of Earth Resources China University of Geosciences Wuhan 430074

2. Research Institute of Exploration and Development PetroChina Dagang Oilfield Company Tianjin 300280)

Abstract Banqiao Sag is the half graben rift sag. The steep slope belt developed in the northwest side of Banqiao Sag. The article analyzed the sequence patterns and the characteristics of the first member of Shahejie Formation in the area of the fault steep slope belt. The scale of the highstand delta front is smaller than the lowstand delta front, but the incise valley and the river deposition developed in the time of the lowstand. The steep slope belt controlled the distribution of the sand bodies, which developed along the direction of the fault and paralleled the steep belt. The steep slope belt also controlled the growth of the good source rocks. So the sand bodies, the good source rocks and the controlling faults together controlled the development and distribution of reservoirs. According to the results, the article summed up the sequence patterns and the characteristics of depositional systems, at last built the model of the reservoirs in the fault steep slope belt.

Key words fault steep slope belt, depositional system, model of reservoir, the first member of Shahejie Formation, Banqiao Sag