

文章编号: 1000-0550(2003)02-0278-05

# 东营凹陷北部斜坡带沙三—四段砂砾岩体与油气聚集

孙龙德

(中国石油塔里木油田分公司 新疆库尔勒 841000)

**摘要** 东营凹陷是渤海湾含油气区中最重要的含油气凹陷之一,其北部紧邻青坨子凸起、陈家庄凸起和滨县凸起为一狭长的陡坡带——北部斜坡带。它北靠盆地边缘凸起,南临盆地内生油洼陷。该斜坡带是在早第三纪早期,陈家庄凸起构造抬升过程中形成的,沙三—四时期,在坡角处沉积了很厚的碎屑沉积物,成为后来油气聚集的重要场所。研究表明,该地区沙三—四段沉积的层序地层格架包括三个层序,八个准层序组和十八个准层序;其中分布冲积扇,近岸水下扇和扇三角洲三种成因的砂砾岩体,后两者是主要的储油扇体;其油藏类型主要有背斜型、上倾尖灭、断块型、岩性透镜体及地层型五种。

**关键词** 渤海湾盆地 东营凹陷 北部斜坡带 沙三—四段 砂砾岩体 油气聚集

**作者简介** 孙龙德 男 1962 年出生 博士 教授级高级工程师 石油地质

**中图分类号** P588.2 TE122.2 文献标识码 A

## 1 引言

东营凹陷是中国东部渤海湾含油气区中最著名的产油气凹陷之一,属于中新、生代陆相断陷含油气盆地。东营凹陷北部斜坡带是指青坨子凸起、陈家庄凸起和滨县凸起南侧盆地内缘的狭长的陡坡带(图 1, 2),东西长 95 km,南北宽 10~25 km,面积约 1 000 km<sup>2</sup>。它北靠盆地边缘凸起,南临盆地内生油洼陷。早第三纪早期,以前震旦系花岗岩片麻岩为基底的陈家庄凸起发生构造抬升和剥蚀作用,在其临凹一侧形成了谷—梁相间的古地形,沙三—四时期,在坡角处沉积了很厚的碎屑沉积物,成为后来油气聚集的重要场所。这些砂砾岩体是东营凹陷北部陡坡带油气勘探和研究的重要对象,已钻探发现 50 余个含油气砂砾岩体,探明石油地质储量超亿吨。

钱凯等研究了该区上部礁灰岩的成因,认为其是由中国支管藻形成的高产储层<sup>[1]</sup>。杨申镛最先论述了东营凹陷西部沙三段水下扇的含油性<sup>[2]</sup>。杨家福系统研究了胜坨沙二段河流—三角洲体系的沉积相和沉积微相及其储集性能<sup>[3]</sup>。李成凤等通过对沙河街组微量元素的研究,指出沙四段下部—孔店组为干盐湖沉积,沙四段上部为咸湖沉积,沙三段下部为微咸湖沉积,沙三段中部—沙二段为淡水湖泊沉积,沙一段为咸湖沉积<sup>[4]</sup>。孙龙德等对东营凹陷北部东段砂砾岩体的含油性进行了描述<sup>[5]</sup>。冯有良还通过对该区下第三系层序

地层格架的研究,建立了盆地充填模式,提出了中始新统上部—上始新统层序地层模式<sup>[6,7]</sup>。这些研究对于本地区油气勘探发挥了较好的指导作用。虽然已有的研究涉及东营凹陷整体及某些具体构造部位的下第三系,但是凹陷北部斜坡带的沙河街组研究相对薄弱。这里的沙河街组为砂砾岩相,属于冲积扇和扇三角洲沉积,构成多种类型的储集体,加强针对砂砾岩体的沉积和层序地层研究,有利于指导该陡坡带的油气勘探。

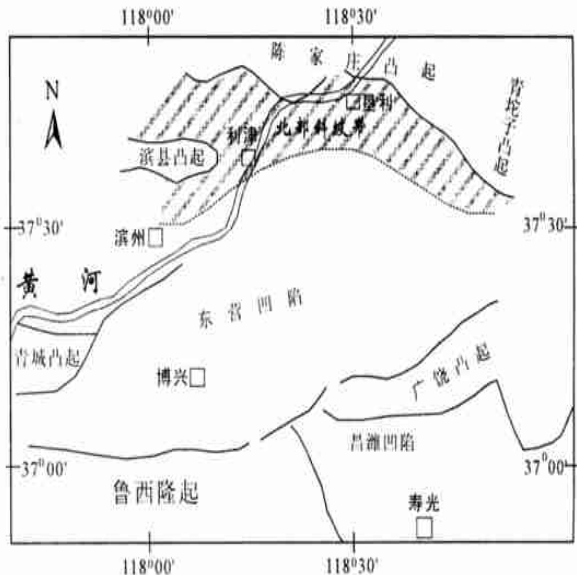


图 1 研究区位置简图

Fig. 1 A sketch showing the location of the study area

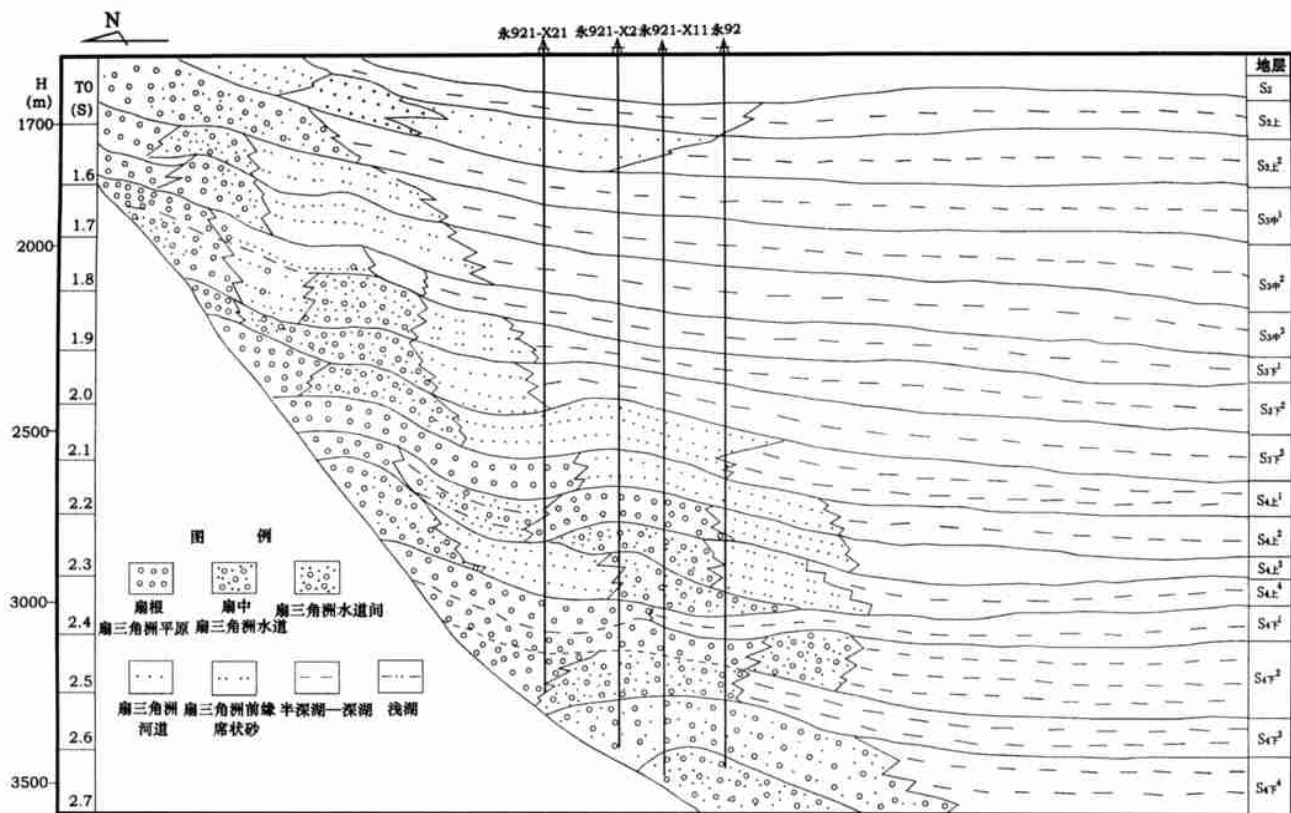


图 2 永 921 地区地层和沉积相剖同示意图

Fig. 2 Sketch map of stratigraphy and sedimentary facies in Ying 921 area

## 2 沉积相及储层特征

### 2.1 冲积扇相

冲积扇是山麓风化、剥蚀的产物,被山区季节性水流所携带,当水流流出山口时,地形坡度急剧变缓而沉积形成的。自东而西几乎每一个山口处都有冲积扇体,层位多集中在沙四段。主要由砂砾岩混杂组成,粒度较粗,扇根部以砾岩为主,扇缘部分砾岩减少,砂质增加。地震剖面上表现为楔状相,冲积扇可进一步划分为扇根、扇中和扇端三个亚相,扇根亚相分布于临近断崖处的冲积扇顶部地带,其特征是沉积坡度最大,沉积类型主要为河流充填沉积,发育主河道微相。扇中亚相位于扇体的中部,构成冲积扇的主体,以沉积坡度角较小和辫状河发育为特征,以辫状分支河道和漫流沉积为主,主要发育分支河道和道间微相。扇端亚相出现于冲积扇的远端地形平缓,沉积坡度角低,沉积类型以漫流沉积为主,主要发育道间微相。岩矿及物性分析认为扇根砂砾岩层物性较差,甚至出现非渗透层,对油气起到自身的遮挡和封堵作用。

### 2.2 扇三角洲相

扇三角洲是从临近高地进入稳定的水体中形成的

扇状沉积。其发育条件是源区地势高,坡度陡,这样由碎屑流或辫状河道携带的碎屑物进入湖盆形成扇三角洲沉积。在地震剖面上,具有明显的丘状前积反射结构。砂砾岩体主要存在于前缘相中,由分支河道和前缘砂坝组成,主要分布于沙四上段至沙三中段,是主要的含油气层段。根据其沉积特征,可以将扇三角洲相进一步划分为扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲三个亚相(图 3)。

扇三角洲平原亚相以砾岩、含砾砂岩为主夹有少量泥岩,纵向上呈正韵律特征,粒度概率图以二段式为主,C-M 图发育多种组合段(OR PQ QR),反映沉积水动力具有牵引流和重力流的双重作用。以分支河道沉积为主,发育分支河道,分支次河道及分支河道间等微相。

扇三角洲前缘亚相由含砾砂岩、粗砂岩组成,自下而上粒度由粗变细。电测曲线呈现正旋回,岩芯观察可见水平层理,平行层理,波状层理。细粉砂岩和砂岩中可见变形层理,该相带沉积以水下分支河道,前缘坝和前缘席状砂组成,是该区重要的储集体,储层物性较好,是中高产的含油气储层。

前扇三角洲位于扇三角洲前缘的前方,沉积物大

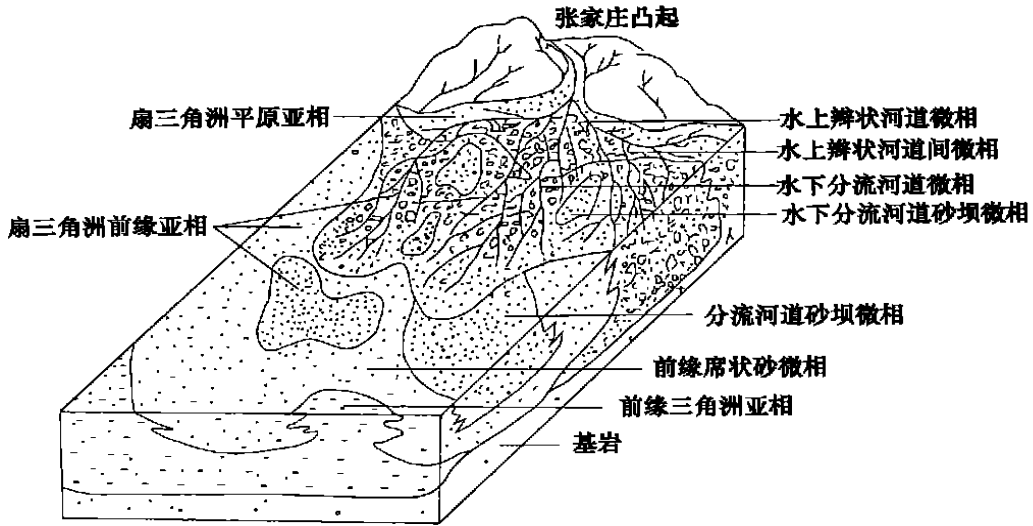


图 3 永 1 扇三角洲沉积模式

Fig. 3 Yong 1 fan-delta sedimentary model

部分由暗色粘土和粉砂质粘土组成, 可含少量细砂岩, 为浊积产物

### 2.3 近岸水下扇

近岸水下扇形成湖水快速向岸边侵进, 湖面升高大于或等于扇体堆积速度的湖进期和高水位早期, 所以扇体几乎全部淹没于水下, 有时扇根的极小部分出露水面, 但很快又被湖水淹没。随着湖水范围扩大, 扇体也不断后退。扇体始终在当时湖泊边缘紧临山麓处分布, 随着近岸水下扇的产生、发育和消亡, 平面各相带逐渐向岸方向迁移, 垂向上自上而下表现为扇根—扇中—扇端—浅湖—深源相, 构成向上变细的垂向层序, 近岸水下扇具有较典型的扇体地震的反射特征, 丘状或强振幅的扇体顶面反射, 内部反射结构为杂乱或楔形, 沙三段大部分都属于近岸水下扇沉积, 岩性主要为块状和厚层砂岩、砾质砂岩、砂质砾岩和中砂岩, 是西部油田的主要储集类型。概率曲线以二段式和弧形单段式为主, C-M 图以反映重力流为主的 QR 段与 C-M 线平行。根据其沉积类型可进一步分为内扇中扇和外扇三个亚相。

内扇亚相以厚层块状砂砾岩、砾质砂岩组成, 见块状和粒序层理, 以辫状河道沉积为主, 发育主河道及道间微相。

中扇亚相以含砾—中砾岩为主, 砾岩少量, 泥岩夹层增多且为浅灰、灰绿色泥岩, 见平行层理, 主要以分支河道沉积为主。

外扇以泥岩为主夹有少量砂岩, 发育浊积扇微相。

### 2.4 砂砾岩体简单评价

在盆地沉积的不同阶段, 由于物源区母岩性质的变化, 影响了砂砾岩体的岩性和物性, 进而影响其含油

气性。沙四段早期东部永安地区母岩区残存有大面积的中—古生代地层, 致使沙四下沉积是富集灰岩砾岩的砂砾岩体, 属于比较差的储层, 沙四晚期大面积的前震旦系花岗岩片麻岩开始出露于母岩区, 所以沙四上段沉积了各种复杂岩性的砂砾岩体, 属于该区的中等储层, 沙三段时期主要形成了以花岗片麻岩区为母岩的物源区, 沉积了以含砾砂为主, 含灰质较少, 储层物性较好的砂砾岩体。当时成岩压实作用以及沉积环境的差异也是形成不同砂砾岩体的重要原因。根据砂砾岩体的成因, 内部相带的变化及储集性能的好坏可分为三类。

I 类砂砾岩体: 主要由陡坡近岸水下扇组成, 层位以沙三段为主, 这类扇体分布稳定, 储层物性好, 如盐 16 坨 123 单家寺等。

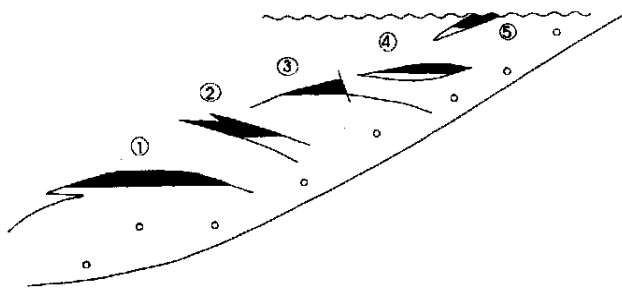
II 类砂砾岩体: 主要由扇三角洲及辫状河三角洲砂砾岩组成, 层位上以沙四上段为主, 如永 1 永 921 沙四上等。

III 类砂砾岩体: 主要是发育在盆地底部的冲积扇砾岩体, 这类扇体储层远离生油岩, 物性差, 不利用油气聚集, 也不是好的储层。沙四下段属于此类, 如永 1 沙四下段。

## 3 油气富集规律

### 3.1 油藏类型

对砂砾岩体分布规律的研究表明, 该带发育多种成因的砂砾岩体, 这类扇体从凸起到洼陷呈有规律的组合和展布, 同时它们紧临生油洼陷, 成为油气运移的主要方向, 综合分析认为不同类型的油藏沿陡坡有规律地叠置, 构成了陡坡带的复式油气藏序列 (图 4)



① 背斜型油气藏; ② 上倾尖灭型油气藏;  
③ 断块型油气藏; ④ 透镜体型油气藏 ⑤ 地层型油气藏

图 4 东营北部斜坡带成藏模式

Fig. 4 Hydrocarbon accumulation model in the northern slope of Dongying Sag

3.1.1 背斜型油气藏

主要发育在陡坡带鞍部的下半部,形成于凹陷形成的早期,多属于沙四段,由于盆地持续不均衡发展,使砂砾岩体产生“回转”地层反倾,加之砂泥岩差异压实的作用形成背斜和小穹隆构造,由此形成了背后斜型油气藏,如永 921 利 98 等

3.1.2 上倾尖灭型油藏

上倾尖灭油藏主要是在陡坡带的下半部,砂砾岩体向盆地方向上倾尖灭所至,如永 551 地区的部分油藏。

3.1.3 透镜体型油气藏

由于砂砾岩体一般由多期扇体叠合形成,而且岩

性混杂,非均质性强,自身形成封堵,局部可形成岩性透镜体圈闭油藏,如永 921 沙四段油藏。

3.1.4 断块型油气藏

砂砾岩体被断层所切割,形成断块型油气藏,如永 1 坨 123 等

3.1.5 地层型油气藏

主要发育在沙三段,由不整合面遮挡形成的油气藏,以稠油为主。如永 72 坨 76 等

3.2 油气富集规律

根据油气成藏条件研究,东营北部陡坡带油气藏具有自身的油气藏分布规律

从油气成烃特征来看,区内沙三—四段都具有近油源的特点,部分砂砾岩体直接与暗色烃源岩呈锯齿状交错接触。同时该带南临民丰、利津两个生油洼陷,洼陷内生成的油气可直接运移到砂砾体中。据区域研究结果,与砂砾岩共生的具有成烃能力的烃源岩现今埋深一般在 2 500~ 4 000 m,已达到了生烃门限(2 200 m 左右)。油源充足是本区油气藏形成的基础。

从油气运聚规律看,生油岩生成的油气主要有两个运移方向:一是由生油洼陷向盆地边缘运移,二是较深的储层向较浅的储层运移。油气从烃源岩中排出后向盆地边缘或浅层运移的通道有断层、储层和不整合等。这一运聚规律可以说明正向构造体系是油气聚集的最有利场所。对于包裹在生油岩中的砂砾岩而言,油气还有另一种运移方向,它可以直接进行初次运移后富集成藏,其成藏动力学类型为封闭型。

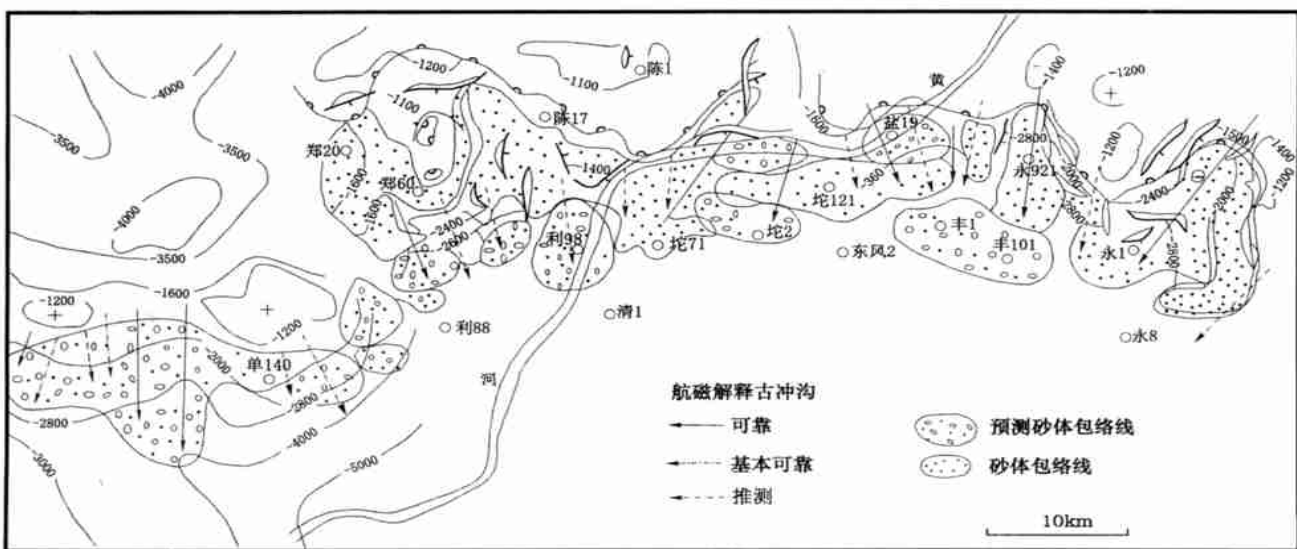


图 5 东营北带下第三系古地貌和砂体分布(据胜利油田地质研究院修改)

Fig. 5 Eocene paleo-landform and sand-body distribution in the northern slope of Dongying Sag

从油气藏的保存条件看,由于砂砾岩体沿陡坡带长期发育,因此砂砾岩体纵横交错,分布较为复杂(图 5),要使油气能够保存到现今的砂砾岩体中,关键因素在于砂砾岩体向盆地边缘开启端的侧向封堵条件,如果侧向封堵条件好,则油气易于保存形成油气藏,如果侧向封堵条件不好,与其它砂砾岩体连通,则油气易于被水替换,形成水层。现已发现有沙四—三段油藏侧向封堵的条件是以泥岩层的存在进行封堵的,有时也可以是侧向物性极差的砂砾岩层的封堵,因此,砂砾岩体形成间歇期的浅湖—深湖泥岩是本区油气藏形成的重要因素。同时断层也起到一定的作用。

## 4 结论与认识

(1)该区分布三种成因的砂砾岩体,它们是冲积扇、近岸水下扇和扇三角洲,后两者是主要的储油扇体。

(2)陡坡带砂砾岩体具有自身独特的油气聚集规律,其油藏类型主要有背斜型、上倾尖灭、断块型、透镜体及地层型五种。

(3)陡坡带的砂砾岩体,是一个极其重要的勘探领域,需要不断地研究认识,以丰富断陷盆地石油地质理论,指导高成熟盆地的油气勘探。

### 参考文献 (References)

- 1 钱凯,王素民,刘淑范. 华东北部下第三系礁灰岩的发现及其石油地质意义 [J]. 科学通报, 1980, 24: 20~ 26 [Qinan Kai, Wang Sumin, Liu Shufan. The discovery of Paleogene reefal limestones in the

- northern part of East China and its petroleum geological significance [J]. Chinese Science Bulletin, 1980, 24: 20~ 26]
- 2 杨申铨. 东营凹陷下第三系水下冲积扇地层型油气藏 [J]. 石油与天然气地质, 1983, (4): 16~ 22 [Yang Shenbiao. Stratigraphic-type reservoir in the Paleogene subaqueous fan in Dongying Sag [J]. Oil and Gas Geology, 1983, (4): 16~ 22]
- 3 杨家福. 胜坨油田砂体沉积类型与储集特征 [J]. 石油学报, 1988, 9 (2): 14~ 20 [Yang Jianfu. Sedimentary type and reservoir characteristics of the sand-bodies in Shengtuo oil field [J]. Acta Petrolei Sinica, 1988, 9(2): 14~ 20]
- 4 李成凤,肖继风. 用微量元素研究胜利油田东营盆地沙河街组的古盐度 [J]. 沉积学报, 1988, 6(4): 11~ 17 [Li Chengfeng, Xiao Jifeng. Study on the ancient salinity of Shahejie Formation in Dongying basin, Shengli Oil Field from trace elements [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1988, 6(4): 11~ 17]
- 5 孙龙德,史文东,杨俊超,杨裔庚. 永北—盐家地区沙三沙四段砂砾岩体油藏描述 [A]. 见: 潘元林主编, 油气地质地球物理综合勘探技术, 北京: 地震出版社, 1998. 51~ 67 [Sunlongde, Shi Wendong, Yang Junchao and Yang Yigeng. Oil pool describing of Sha 3~ Sha 4 sandstone-conglomerate bodies in Yongbei-Yanjia area [A]. In: Pan Yuanlin ed. Geophysical exploration technology in oil and gas geology [C]. Beijing: Seismologic Press, 1998. 51~ 67]
- 6 冯有良. 东营凹陷下第三系层序地层格架与盆地充填模式 [J]. 地球科学, 1999, 24(6): 634~ 642 [Feng Youlang. Paleogene sequence stratigraphic framework and basin filling model in Dongying Sag [J]. Earth Sciences, 1999, 24(6): 634~ 642]
- 7 冯有良. 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 [J]. 沉积学报, 2000, 18(3) [Feng Youliang. Upper part of middle Eocene to upper Eocene sequence stratigraphic model in Dongying Sag and its petroleum geological significance [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(3): 33~ 40]

## Sandstone-conglomerate Bodies in Sha 3~ 4 Members and Hydrocarbon Accumulation in Northern Slope of Dongying Sag

SUN Long-de

(Tarim Oil Field Company, PetroChina, Korla Xinjiang 841000)

**Abstract** Dongying Sag is one of the most important petroleum sags in Bohai gulf petroleum province. Its northern part, immediately south to Qingtuozi, Chenjiazhuang and Binxian Uplifts is a long narrow abrupt slope named Northern Slope. This slope is located south to marginal uplift and north to generative basin / center. It is formed during the swelling of Chenjiazhuang Uplift in early Eogene. Clastic deposits of great thickness were accumulated at the slope foot during Sha 3~ 4 stage. From the study, the sequence stratigraphic framework of Sha 3~ 4 deposits in this area is composed of 3 sequence, 8 para-sequence groups and 18 para-sequences. There are 3 genetic types of sandstone-conglomerate bodies include alluvial fan, near bank subaquatic fan and fan delta. The later 2 genetic types are the major oil-bearing fans. Anticline, upward finger out, fault block, lithologic and stratigraphic traps are the 5 major trap types there.

**Key words** Bohai Gulf Basin, Dongying Sag, northern slope, Sha 3~ 4 member, sandstone-conglomerate bodies, hydrocarbon accumulation