

# 断陷盆地斜坡带油气勘探

——以东营凹陷为例

尚明忠<sup>1,2</sup>, 李秀华<sup>2</sup>, 王文林<sup>2</sup>, 付瑾平<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国石化 胜利油田有限公司 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

**摘要:** 东营凹陷南部斜坡带是典型的箕状断陷缓坡带, 30 多年的勘探实践已发现了 10 个油气田。通过分析其构造背景、沉积体系与油气成藏的关系, 指出斜坡带上大型继承性正向构造和高水位体系域与油气藏分布有生成关系, 继而总结了该类斜坡带油气藏类型及原油性质由边缘向洼陷中心的变化规律。东营凹陷斜坡带的勘探启示, 对断陷盆地斜坡带油气的勘探具有重要指导意义。

**关键词:** 构造背景; 沉积体系; 油气藏类型; 勘探启示; 斜坡带

**中图分类号:** TE122.3

**文献标识码:** A

东营凹陷是一个北断南超的不对称箕状断陷(图 1), 其南部斜坡带(以下简称南斜坡)在众多类似断陷中颇具代表性。东营凹陷南斜坡自 20 世纪 60 年代初开始勘探, 目前已发现了金家、正理庄、大芦湖、小营、纯化、梁家楼、博兴、王家岗、八面河、乐安等 10 个油田, 已探明石油地质储量  $4.89 \times 10^8$  t。

截至目前, 东营凹陷南斜坡是渤海湾盆地中勘探程度最高、油藏类型最丰富、探明石油地质储量最多的斜坡带之一。总结该带勘探历程, 分析其油藏聚集和构造作用、沉积旋回等方面的内在联系, 对丰富陆相含油气盆地斜坡带油气勘探理论, 指导该类区带的油气勘探, 均具有重要的指导意义。

## 1 构造背景与油气藏分布

东营凹陷南斜坡油气藏集中分布于大型鼻状构

造背景上<sup>[1,2]</sup>。这些鼻状构造均与凹陷形成时缓坡翘起的横向不平衡有关, 即与前第三系有继承性。同凹陷内的油藏体系一致, 南斜坡油气藏以下第三系为主, 仅在局部地区发育上第三系油藏和前第三系潜山油藏。斜坡西部发育了金家—樊家鼻状构造带, 控制了金家、正理庄、大芦湖 3 个油田; 在纯化鼻状构造带上发现了纯化、梁家楼和小营油田; 斜坡中部发育草桥鼻状构造, 其上形成了著名的乐安油田; 东部的王家道口鼻状构造带上则发育了王家岗油田和八面河油田(图 2)。

由斜坡带边缘向洼陷内部延伸, 油藏类型也发生规律性的变化。在边缘靠近隆起或凸起的地区, 以地层油气藏为主(如金家、乐安等油田); 在鼻状构造带中段, 以构造油气藏为主(如正理庄、八面河、王家岗等油田); 而末端延伸到洼陷深部的地区, 则以岩性油气藏为主(如大芦湖油田等)。

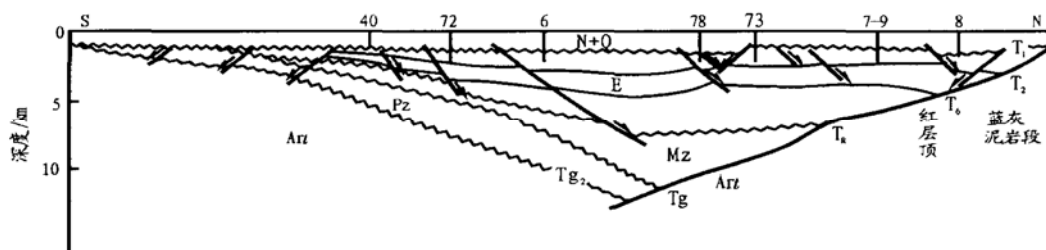


图 1 东营凹陷南北向剖面示意图

Fig. 1 South-north profile of the Dongying Sag

收稿日期: 2004- 01- 15; 修订日期: 2004- 05- 28.

基金项目: 中国石化“十五”重点科技攻关项目(P02004).

作者简介: 尚明忠(1962-), 男(汉族), 山东蒙阴人, 博士生、高级工程师, 主要从事油气勘探开发研究工作.

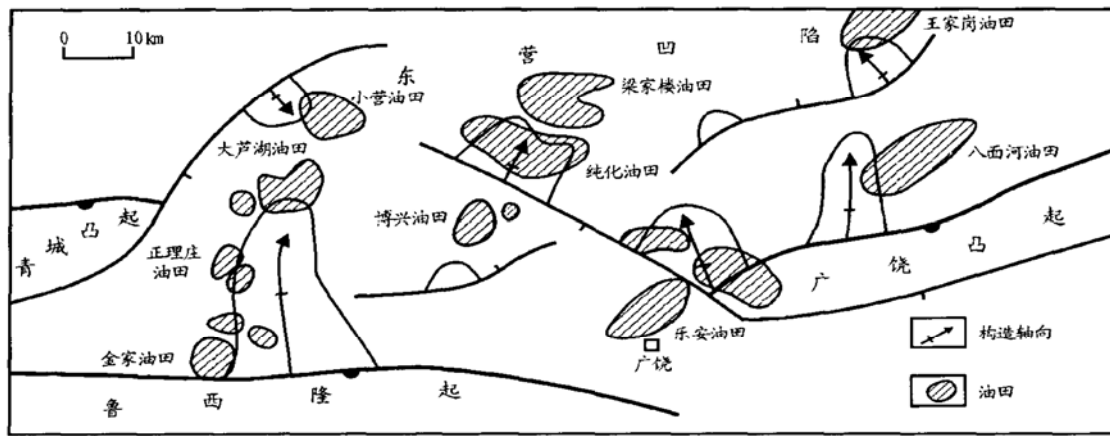


图2 东营凹陷南斜坡构造背景与油田分布关系图

Fig. 2 Relationship between structure background and oilfield distribution of the southern slope of Dongying Sag

## 2 沉积体系与成藏类型

### 2.1 沉积体系

与洼陷内一致, 东营凹陷南斜坡第三系自下而上发育4个沉积旋回, 即孔店组、沙四段—沙二段下亚段、沙二段上亚段—东营组、馆陶组—明化镇组。其中, 下第三系发育了3个沉积旋回, 每个旋回都代表了一次湖泊的形成与充填演化的过程, 表现为冲积扇—河流—滨浅湖—深湖、半深湖—浅湖、残留湖—河流、三角洲平原、沼泽的演化规律<sup>[3]</sup>。

孔二段沉积时期发育低水位体系域, 以冲积体系为主。孔一段由高水位体系域构成, 沉积剖面为河流和滨浅湖红色粉砂岩及泥岩互层。沙四段下亚段发育低水位体系域, 此构造活动强烈, 古地形高差大, 气候干旱炎热, 蒸发量大于降水量, 凹陷北部中心地带形成盐湖, 南斜坡则发育冲积扇和季节性河流沉积体系。沙四段上亚段—沙三段下亚段构成湖侵体系域, 南斜坡广大地区发育了滨浅湖滩坝、碳酸盐及生物碎屑沉积、半深湖相油页岩、花沟、陈官庄地区形成了水下扇, 樊家地区发育了深水浊积扇, 边缘大部分地区形成了近岸水下扇和滨浅湖滩坝体系。沙三段中亚段—沙二段下亚段属高水位体系域, 南斜坡发育了梁家楼、樊家深水浊积扇和金家、柳桥、草桥三角洲, 该沉积时期湖水范围不断缩小, 整个凹陷广泛发育三角洲体系。沙二段上亚段沉积时期发育低水位体系域, 以河流相沉积为主。沙一段为湖侵体系域, 缓坡以发育近岸水下扇和生物滩为主。东营期为高水位, 入湖碎屑丰富, 广泛发育河流三角洲沉积体系。

历经3个充填演化阶段, 东营凹陷南斜坡发育了孔二段、沙四段上亚段—沙三段下亚段、沙一段3套烃源岩和孔一段—沙四段下亚段、沙三段中亚段(洼陷中为烃源岩)—沙二段、东营组—馆陶组3套储集层, 由此形成3套有利的生储盖组合。由于斜坡带受构造作用和气候的影响较大, 沉积层序大多保存不完整。

### 2.2 成藏条件简析

#### 2.2.1 油源条件

东营凹陷存在6套可能的烃源岩, 即石炭—二叠系、中生界、孔二段、沙四段、沙三段和沙一段, 其中沙四、沙三段是最优质也是最主要的烃源岩<sup>[4]</sup>。

#### 2.2.2 储集层条件

南斜坡在上述几个沉积旋回中的高水位体系域中发育了多种储集岩。归纳起来有河流相、近岸水下扇、三角洲、扇三角洲、深水浊积扇、滑塌浊积岩及滨浅湖滩坝等7种碎屑岩砂岩体, 还有碳酸盐岩、火成岩、变质岩等。第三系以碎屑岩为主要储集岩。

#### 2.2.3 盖层条件

与沉积旋回相对应, 东营凹陷南斜坡自下而上主要有孔二段、沙四段上亚段—沙三段中亚段(也作为储集层)、沙一段及上第三系明化镇组区域盖层。特殊的构造、地层条件和油气藏特点决定了该带以后两套为主要区域盖层, 如储量在亿吨以上的乐安油田的区域盖层为上第三系馆陶组上段和明化镇组泥岩; 金家油田的盖层也是馆陶组上段; 大芦湖油田、八面河油田的直接盖层为沙三段中亚段, 区域盖层为沙一段。

### 3 油气成藏规律

东营凹陷油气资源十分丰富,在 30 多年的勘探过程中不断有新的发现。目前,凹陷区已找到 34 个油气田,其中南斜坡有 10 个。总结南斜坡油气藏分布特点,可以看出其油气从成藏到聚集都有较为明显的规律性。

#### 3.1 油气成藏期次

东营凹陷构造演化结果表明,喜马拉雅运动东营幕使东营组与馆陶组之间形成了较长时间的沉积间断,这对沙四、沙三段烃源岩有机质演化有很大影响,并使东营凹陷的成油过程具有明显的两段式特征。

第一成油阶段是在早第三纪末期。东营凹陷沙四段和沙三段下亚段烃源岩进入生油门限深度,生成的油气开始从源岩中排出,并向有利圈闭中运移、聚集,开始成藏。喜马拉雅运动东营幕的构造活动较为强烈,不但抑制了区域块断活动,而且造成东营组沉积后区域性隆起和广泛剥蚀,沙四段和沙三段烃源岩埋深不仅没有增加,反而因覆盖层的削蚀减薄而使第一成油期中断。该成油阶段时间短,生成的油气运移聚集量有限,多在埋藏较深的早期圈闭中形成油藏。

第二成油阶段始于中新世晚期。该期凹陷在经历了东营期构造运动后再次下沉,并进入坳陷阶段。随着馆陶组—明化镇组的区域性覆盖,沙四段和沙三段烃源岩埋深加大,绝大部分烃源岩进入生油门限。到明化镇组沉积末期和第四纪,东营凹陷最大生油范围扩大到南斜坡的广大地区。该成油阶段是东营凹陷也是其南斜坡最主要的成油时期。

从油气的运聚规律来看,烃源岩内排出的油气主要有 2 个运移指向:一是由洼陷区运向盆地边缘,二是由较深处的储集层运向较浅的储集层。油气从烃源岩中排出后向盆地边缘和浅层运移的通道有断层、储集层和不整合面。最容易捕获油气的自然是正向构造体系中的构造圈闭<sup>[5]</sup>。

#### 3.2 正向构造体系

南斜坡的正向构造体系包括滚动背斜构造、单斜断块构造和披覆构造。

滚动背斜构造一般发育在斜坡带盆倾二级大断裂的下降盘,距油源近,是东营凹陷两次油气运移的指向区。可形成以滚动背斜油藏为主,多种油藏类型并存的复式油气藏,如王家岗通 61 区块等<sup>[6]</sup>。

披覆构造同样具有离生油洼陷近,并与第三系

烃源岩同生的特点,可构成“新生古储”及“下生上储”式成油组合。该类构造多具继承性,是油气运移的长期指向区,成藏条件十分优越,如草桥—纯化—小营披覆构造带就是一个包容潜山油藏、地层不整合油藏、地层超覆油藏、披覆背斜油藏和构造油藏为一体的大型复式油气聚集带。

单斜断块构造也是南斜坡油气运移的主要指向,通常可形成以断块(断鼻)油气藏、地层油气藏为主的复式油气藏。东营南斜坡的大型鼻状构造带均历经多次断裂活动改造,大都是断块圈闭的复合体。如王家岗断裂鼻状构造带、草桥—纯化—小营断裂鼻状构造带、八面河—羊角沟断裂鼻状构造带、正理庄—樊家断裂鼻状构造带等,每个构造带中都包含了多个断块油气藏。

#### 3.3 油气藏类型

自凹陷中央向盆地边缘,斜坡带的油气藏类型由岩性到构造再向地层类转化。

##### 3.3.1 岩性油藏

东营凹陷南斜坡的岩性油藏主要分布在斜坡带向洼陷带过渡的下第三系沙三段,多为透镜状砂岩岩性油藏和上倾尖灭状砂岩岩性油藏。透镜状砂岩岩性油藏主要分布在南斜坡西部地区,如大芦湖油田沙三段砂岩岩性油藏;而砂岩岩性上倾尖灭状则较前者更向斜坡边缘靠近,分布较广,但不集中,多与各类水下扇体分布有关,如陈官庄地区、正理庄地区均发现有该类油藏。

##### 3.3.2 构造油藏

东营凹陷南斜坡已探明的构造油藏均分布于下第三系,且以沙三—沙二段最为重要。构造油藏的分布受断裂和正向同沉积构造带控制。南斜坡断裂构造和正向同沉积构造主要呈 NE 和 NW 向展布,它们控制了这两个方向的构造油气藏聚集带。NE 向构造油气藏聚集带包括八面河—羊角沟反向断块构造带和王家岗断块油藏分布带;NW 向构造油气藏聚集带包括草桥—纯化—小营构造带和正南—高青构造带。这些 NE 向和 NW 向构造油气藏聚集分布区带,近于相互垂直而形成“T”型分布格式。这种分布格式是中生代的 NW 向构造格局和新生代的 NE 向构造格局相互叠加的结果。

另外,就油气藏类型而言,构造油气藏是斜坡带中由洼陷向边缘过渡区带的产物。

##### 3.3.3 地层油藏

地层油藏包括地层超覆、地层不整合和潜山油藏,从太古界至馆陶组均为含油层系。它们主要分布在斜坡带最外缘,与边缘地层的剥蚀、超覆不整合

和潜山风化壳的分布有关。此类油藏是斜坡带特有的油藏类型。如金家、乐安等油田的地层油藏。

### 3.4 油气分布规律

#### 3.4.1 纵向分布特征

东营凹陷南斜坡从太古界到上第三系明化镇组可划分为3个含油气带,即前第三系基岩含油气带、下第三系含油气带和上第三系含油气带。其中以下第三系含油气带最为重要,下第三系的含油气层系均与其高水位体系域有关。

a) 前第三系基岩含油气带。前第三系基岩,作为凹陷及斜坡带的基底层,在剖面上分布于底部,其油藏主要以潜山油藏为主,含油范围有限,但富集高产,构成纵向上最老层位的含油气带。

b) 下第三系含油气带。下第三系,在斜坡带发育各种同生构造,具有自生、自储、下生上储和侧变式成油组合,形成下第三系复式油气聚集带。该油气聚集带还表现出3个油气纵向聚集分布亚带——沙四、孔店构造、地层油藏分布带,沙三中下岩性油藏分布带,沙三上、沙二、沙一、东营组构造地层油气藏分布聚集带。其中,以后者含油气最为丰富。

c) 上第三系浅层油气分布带。馆陶、明化镇组发育岩性气藏和地层不整合稠油油藏,它们均来自沙三、沙四段生油岩,在剖面上位于最浅层,构成斜坡带浅层油气聚集分布带。

从埋藏深度上讲,南斜坡埋藏最浅的油藏是金家地层不整合油藏(通19井油层埋藏深度为748.9 m);埋藏最深的为大芦湖沙三段下亚段岩性油藏,其埋深大于3 500 m;浅层气埋深一般为300~1 000 m。斜坡带埋深700~1 500 m,以地层油藏为主,分布在斜坡靠近凸起边缘;埋深1 500~2 500 m,以各种构造油气藏为主,分布在背斜带及断阶带上;埋深在2 500 m以下的则多属岩性油藏。

#### 3.4.2 平面分布特征

东营凹陷有4个生油洼陷,油气藏主要围绕生油洼陷中心呈环带状分布。从每一个洼陷中心向外,依次都可以分出洼陷带岩性油气藏分布带、构造油气藏聚集带、地层油气藏分布带及浅层气带。这个规律性亦适用于斜坡带。

a) 洼陷带岩性油气藏分布带。东营凹陷南斜坡包括博兴生油洼陷及牛庄生油洼陷的南侧,这两个生油洼陷带内以各种岩性油藏为主。

b) 构造油气藏聚集带。该带分布在主要生油洼陷南侧及相邻洼陷之间的分隔性正向构造上。如纯化—草桥断鼻构造带,牛庄洼陷东南的八面河、丁家屋子、王家岗断鼻构造带,正理庄—樊家断

鼻构造带,金家断鼻构造带。特点是距离油源近,为油气最富集的聚集区,以构造油藏为主。

c) 地层油气藏分布带。该带分布在南斜坡边缘,以地层油藏为主,埋藏浅,处于地下水渗滤带,因此原油以生物降解型稠油为主。

d) 浅层气带。该带分布在斜坡带最外缘,分布层位更浅。

就原油性质而言,斜坡带同样具有内稀外稠的特点。即靠近洼陷区、埋深较大的油气藏油质好,如大芦湖油田;向边缘过渡区油质渐稠,如八面河油田;至边缘带变为稠油或特稠油,如金家、乐安油田,乐安油田的特稠油比重达 $1.09 \text{ g/cm}^3$ 。

## 4 油气勘探启示

东营凹陷南斜坡以其较为成功的勘探实践给勘探者们如下启示:

斜坡带勘探早期,首先应进行区带资源量测算,富油洼陷的斜坡带才有勘探价值。

从分析斜坡带构造背景及构造演化特征入手,查清斜坡带正向构造体系,因为大油田与大构造背景有内在成生关系。

在初步取得了一定资料的条件下,对斜坡带进行层序地层学研究,划分沉积旋回,分析沉积体系,选准有利生储盖组合区带进行勘探。该项工作贯穿于整个勘探过程中。

斜坡带的勘探应先中间后两边。即首先勘探位于中间过渡地带的构造油气藏,再向内向外滚动勘探岩性类和地层类油气藏。

为进一步提高勘探效益,减少投资风险,无论在勘探的哪个阶段,获得并处理好、解释好高精度的地震资料是关键。

#### 参考文献:

- 1 蒋有录,荣启宏,宋建勇等.渤海湾盆地东营凹陷博兴地区油气藏形成与分布特征[J].石油实验地质,2003,25(5):452~457
- 2 李丕龙.富油断陷盆地油气环状分布与惠民凹陷勘探方向[J].石油实验地质,2001,23(2):146~148
- 3 朱光有,金强,周建林等.渤海湾盆地东营断陷湖盆充填模式研究[J].石油实验地质,2003,25(2):143~148
- 4 付广,杨勉.断陷盆地油气成藏模式与分布特征[J].石油实验地质,2001,23(4):408~411
- 5 李明诚.断陷盆地中油气运移研究方法的探讨[J].石油实验地质,1998,20(2):95~101
- 6 陈布科,刘家铎,杜贤樾等.断面构造体系与油气地质意义初探——以东营凹陷王家岗油田为例[J].石油实验地质,1997,19(4):317~322

而且要形成适合于不同油气地质条件的有效圈闭识别评价方法和针对性强、适应性强的新的勘探理论来指导和部署勘探工作,才能取得新的发现、新的突破。笔者就川西坳陷非构造油气圈闭的肤浅认识,望能惠及油气勘探开发工作。

## 参考文献:

- 1 叶 军. 川西新场气田上沙溪庙组(J<sub>2s</sub>)气藏储集体特征及形成机理研究[J]. 石油实验地质, 1998, 20(4): 332~ 339
- 2 岳东明. 浅析川西坳陷燕山中晚期构造圈闭的有效性[J]. 石油实验地质, 1999, 21(2): 128~ 131
- 3 戴鸿鸣. 川西北异常高压区须家河组砂岩孔隙度演化特征[J]. 天然气工业, 1992, 12(1): 16~ 19

## ANALYSIS OF THE TYPES OF OIL AND GAS TRAPS IN THE WEST SICHUAN DEPRESSION

TANG Li-zhang<sup>1</sup>, CAO Lie<sup>1,2</sup>, AN Feng-shan<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development,  
Southwest Branch Company, SINOPEC, Chengdu, Sichuan 610081, China;  
2. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China)

**Abstract:** In the West Sichuan Depression with tight sand, the formation mechanism of traps and gas reservoir is quite complicated, resulted from the basin's complex evolution. Even in different structural part or horizon of the same structural deformation band, there exists distinct difference in both oil and gas bearing condition and geological factors restricting trap and gas enrichment. There are structural traps where structural activities enrich oil and gas. There are also non-structural stratum and lithologic traps, such as palaeostructural-lithologic trap, palaeostructural-diagenetic trap, and structural-lithologic trap, where structural activities cooperate with lithology, lithofacies, and sedimentary environment.

**Key words:** diversity; complexity; trap type; West Sichuan Depression

(continued from page 327)

## PETROLEUM EXPLORATION OF THE SLOPE BELT IN THE GRABEN BASIN

—A CASE STUDY OF THE DONGYING SAG

SHANG Ming-zhong<sup>1,2</sup>, LI Xiur-hua<sup>2</sup>, WANG Wen-lin<sup>2</sup>, FU Jir-ping<sup>2</sup>

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;  
2. Research Institute of Geological Sciences, Shengli Oilfield, SINOPEC, Dongying, Shandong 257015, China)

**Abstract:** The slope belt in the south of Dongying Sag is a typical graben-like depression. During the 30 years of exploration, 10 oil and gas fields have been discovered. By analyzing the relationship among tectonic setting, sedimentary system and reservoir formation, it is deemed that, there exists close relationship between the large-sized successive normal structure, high system tract and the distribution of hydrocarbon reservoir. And then, the reservoir types and the crude properties of this kind of slope zone, from the edge to the center of the subsag, are summarized. The inspiration, from exploration of the slope belt in the Dongying Sag, is very important for such oil and gas exploration of the slope belt in the graben basin.

**Key words:** structural setting; sedimentary system; reservoir type; exploration inspiration; slope zone