

文章编号:0253-9985(2004)04-0455-07

## 岐南洼陷西斜坡滩坝砂隐蔽油气藏研究与评价

毛宁波<sup>1,2</sup>, 范哲清<sup>3</sup>, 李玉海<sup>3</sup>, 戴塔根<sup>2</sup>

(1. 长江大学地球物理系, 湖北荆州 434023; 2. 中南大学, 湖南长沙 410083;

3. 东方地球物理公司研究院大港分院, 天津 300280)

**摘要:**通过岩心、测井、地震资料的综合研究及其层序界面的划分, 岐南洼陷西斜坡, 发育沙河街组滩坝砂、近岸水下扇及重力流水道等多种类型砂体。沙河街组底超、顶剥、中间相变明显, 易形成多个层系、多种类型非构造圈闭。歧口凹陷西斜坡为继承性发育构造斜坡, 是歧口凹陷油气运移的主要指向区, 供油条件优越。广泛分布其间的沙河街组三段滩、坝砂体平均孔隙度 24.8%。平均渗透率  $175.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 具有高孔高渗特征。而且, 滩、坝砂体沉积后没有遭受大规模构造运动破坏, 油气保存条件有利。多年来的勘探成果, 区内发现以歧 647 井油藏为代表的整合油藏、以联盟为代表的上翘尖灭型油藏, 以歧南 9-1 井为代表的构造-岩性油气藏等多种类型的油气藏, 具备形成一定规模隐蔽油气藏的成藏条件。根据岩心相、测井相和地震相研究, 预测岐南西斜坡沙三段低水位水下扇砂体及歧北斜坡的坡折带是下一步勘探的有利地区。其中, 扣 50 南岩性圈闭及庄 43 井断块是最有利地区。

**关键词:**隐蔽油气藏; 斜坡勘探; 滩坝; 层序地层学; 岐南洼陷

**中图分类号:** TE112.322

**文献标识码:** A

## A study of beach and bar sands subtle reservoirs in western slope of Qinan sag

Mao Ningbo<sup>1,2</sup>, Fan Zheqing<sup>3</sup>, Li Yuhai<sup>3</sup>, Dai Tagen<sup>3</sup>

(1. Yangtze University, Jingzhou, Hubei; 2. South Central University, Changsha, Hunan;

3. Dagang Branch of GRI, BGP, PetroChina, Tianjin)

**Abstract:** Comprehensive study of core, logging and seismic data, and classification of stratigraphic sequence interfaces show that various types of sandbodies, including beach and bar sands, coastal subaqueous fan and gravitational flow channel sands in Shahejie Formation, are developed on the western slope of Qinan sag. Basal overlapping, top denudation, and facies variation between them are evident in Shahejie Formation, thus multiple layer systems and various types of non-structural traps can be formed. The western slope in Qikou depression, an inherent structural slope, is the main directional area of hydrocarbon migration in the depression, and has excellent hydrocarbon supplying conditions. The beach and bar sandbodies in the 3<sup>rd</sup> member of Shahejie Formation are widely distributed, and have an average porosity of 24.8% and average permeability of  $175.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , thus belong to high porosity and high permeability reservoirs. Moreover, these sandbodies have never been disrupted by large tectonic movement since their sedimentation, thus the area would have favorable hydrocarbon preservation conditions. Various types of reservoirs have been discovered during previous exploration, including unconformity reservoirs, upwarping pinch-out reservoirs, and structural-lithologic reservoirs represented by Qi674 well reservoir, Lianmeng reservoir and Qinan 9-1 well reservoir, respectively, indicating that the area possesses the condition of forming certain size subtle reservoirs. According to the study of core, log and seismic facies, it is predicted that the low stand subaqueous fan sandbodies in the 3<sup>rd</sup> member of Shahejie Formation on the western slope of Qinan sag and the slope break zone of the slope in Qibei sag would be the favorable areas in the later exploration; among which, the lithologic traps to the south of Kou 50 well and Zhuang 43 well fault block would firstly be selected as the exploration targets.

**Key words:** subtle oil/gas reservoir; slope exploration; beach and bar; sequence stratigraphy; Qinan sag

**基金项目:** 中国博士后科学基金项目(2003034470); 湖北省教育厅重点科研项目(2003A009)

**第一作者简介:** 毛宁波, 男, 40岁, 副教授(博士后), 储层地球物理

**收稿日期:** 2004-06-20

进入20世纪90年代以来,随着勘探程度的不断提高和三维地震技术的广泛应用,在渤海湾盆地发现了多种类型的隐蔽油气藏<sup>[1]</sup>,滩坝油气藏是其中之一。由于钻井和地震资料的局限性,目前还无法把断陷湖盆中分布广泛、厚度较薄的滩砂体与分布狭窄、厚度较大的坝砂体严格区分开来。因此人们习惯用“滩坝”这个综合术语来描述湖盆浅水地区的滩和坝砂体<sup>[2,3]</sup>。

多年来不同学者对断陷湖盆滩坝进行了大量深入研究,积累了丰富的研究成果<sup>[4]</sup>。朱筱敏等人<sup>[2]</sup>通过惠民凹陷、东营凹陷、廊固凹陷、辽东湾盆地、东濮凹陷等地区研究,把陆相断陷湖盆中滩坝分为砂质滩坝和生物碎屑滩坝,并进一步根据滩坝沉积特征及其分布位置,将滩坝划分为湖岸线拐弯处滩坝、水下古隆起滩坝、开阔浅湖滩坝和短轴三角洲侧缘滩坝;周立清等人<sup>[5]</sup>根据黄骅坳陷板桥凹陷的沙河街组滩坝砂体沉积特征、层序特征和储层物性的分析,认为该区滩坝砂岩孔隙度和渗透率较高,是较好的油气储层;陈世悦等人<sup>[3]</sup>在研究中,总结了惠民凹陷西部下第三系沙河街组砂质滩坝和生物碎屑滩坝的沉积特征和沉积模式;孙锡年等人<sup>[6]</sup>研究了东营凹陷西部沙河街组四段滩坝砂岩油气成藏条件;Soreghan等人<sup>[7]</sup>研究了Tanganyika断陷湖盆现代滩坝沉积,认为浅水滩坝在陡坡带的宽度仅数十米至数百米,而缓坡带宽度稍宽。最近,大港油田在歧南洼陷西斜坡滩坝砂岩隐蔽油气藏的勘探中,获得重大突破。因此,有必要系统分析歧南洼陷滩坝砂岩隐蔽油气藏的勘探方法及成藏条件。

## 1 工区概况及研究方法

歧口凹陷位于黄骅坳陷中部,是黄骅坳陷中最大的次级凹陷,区内可细分为歧南洼陷和歧北洼陷。歧南洼陷和歧北洼陷同为断陷式箕状凹陷,具有比较接近的湖盆演变特征。歧口凹陷西坡(包括歧南洼陷西斜坡)是歧口凹陷早第三纪持续西抬东倾的宽缓斜坡(图1)<sup>[8]</sup>。经过30多年的勘探,在羊三木凸起的下倾围斜部位发现了沙河街组一段和三段(以下分别简称沙一段和沙三段)的油气藏,探明和控制一定规模的石油地质储量。研究表明,本区沙三段油气藏为构造-岩性油气藏,储层主要是沿岸滩坝沉积的砂体<sup>[9]</sup>,圈闭受构造和砂体上翘尖灭共同控制。沙三段油气显示活

跃,但只在砂岩上翘高部位富集油气。2000年在本区钻探的扣46、扣47两口井在沙三段见到了良好的油气显示,并且扣46井在沙三段获得工业油气流。尔后在该地区部署歧南9-1和歧南9-2井均获得高产油气流。从油源、储层、圈闭等角度分析,认为该区有较大的勘探潜力。

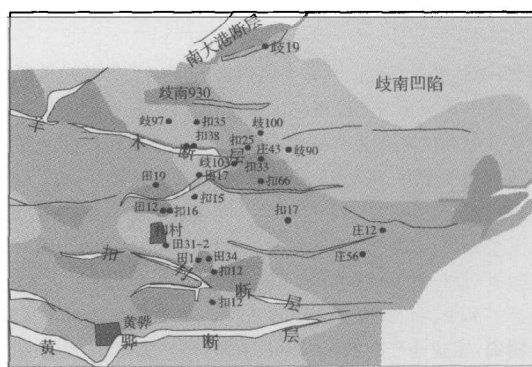


图1 歧南洼陷西斜坡工区位置及构造纲要图

Fig.1 Location of exploration area and structure outline map in western slope of Qinan sag

本区完成了覆盖面积60.3 km<sup>2</sup>的高分辨率三维采集,重新处理了三维连片地震资料和高分辨率三维地震资料,并采用层序地层学新的地震解释技术,落实了不同砂层组的构造形态和上翘尖灭点。2003年在上翘尖灭砂体高部位钻探的扣48-1和扣49井,经试油扣48-1和扣49井分别在沙三段日产油20.64 t和53.5 t。随后又部署实施了预探井扣50井,钻井过程中揭示出沙一段及沙三段共43.8 m的厚油层,沙一段试油日产油60.1 t;沙三段试油,日产油88.29 t,气2 254 m<sup>3</sup>。该井的钻探成功进一步证实了隐蔽性油气藏的勘探潜力,扩大了歧南洼陷斜坡高台阶区的勘探成果。标志着歧南洼陷西斜坡的隐蔽性油气藏勘探进入了一个新阶段。

笔者在歧南洼陷西斜坡隐蔽油气藏勘探实践的基础上,提出了滩坝砂体隐蔽油气藏的勘探方法,即:高分辨率三维地震采集、处理和解释;层序地层学研究和斜坡区找油的勘探理念;以及油气成藏机理研究(图2)。通过研究区6口取心井的岩心观察,结合测井及高分辨率三维地震资料解释,对歧南洼陷西斜坡的沉积层序进行了详细划分,建立了斜坡区垂向层序地层模式和平面体系域分布模式。并进一步提出该区勘探的新模式。

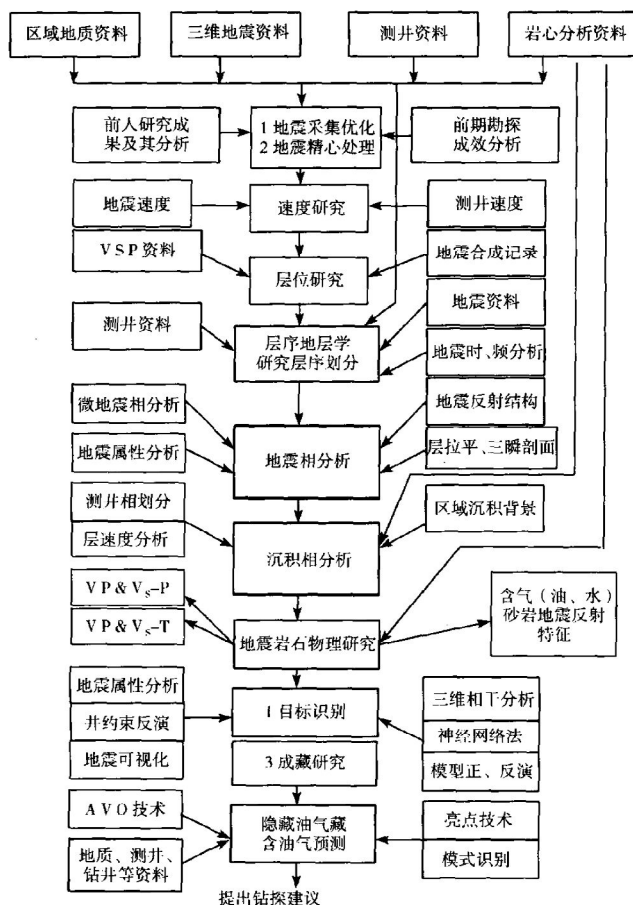


图2 隐蔽油气藏研究流程示意图

Fig.2 Sketch map showing exploration of subtle oil/gas reservoirs on the western slope of Qinan sag

## 2 层序地层学研究

据 van Wagoner 等<sup>[10]</sup>的定义,层序地层学的核心是确立不整合界面及其相应的整合面,建立年代地层对比格架,进而预测年代地层框架内的地层岩性与岩相展布特征。

多年来不同学者从不同角度对断陷湖盆层序地层学进行了研究<sup>[9~11]</sup>,积累了大量研究成果。通过系统地横向识别层序地层学所提供的体系域沉积相,可以很好地了解储层形态、非均质性和隐蔽圈闭的形成机理。

### 2.1 层序划分

研究中主要利用了岩心分析法、测井划分和地震层序分析等方法。

通过歧 85 井、歧南 5-16 井、扣 46、扣 35、扣 47、歧 100 等 6 口井的岩心观察表明,中生界与沙

三段;沙三段与沙一段之间的不整合面在岩性、颜色和沉积构造等方面有很大差异。滩坝相由下向上变细的正旋回沉积也十分清楚。

其次是利用自然电位、电阻率、元素光谱和倾角测井资料进一步划分层序及进行精细地层对比,确定沙三段、沙一段底界及利用倾角测井核定不整合面。

在此基础上,利用高分辨率三维地震和地震反演资料进行层序地层学研究,划定沉积层序、进行体系域的划分。歧南洼陷西斜坡,发育沙河街组滩坝砂、近岸水下扇及重力流水道等多种类型砂体。沙河街组底超、顶剥、中间相变明显,易形成多个层系、多种类型非构造圈闭(图 3)。

通过以上岩心、测井、地震资料的综合研究及其层序界面的划分,建立了歧口地区的层序地层格架(图 4)。

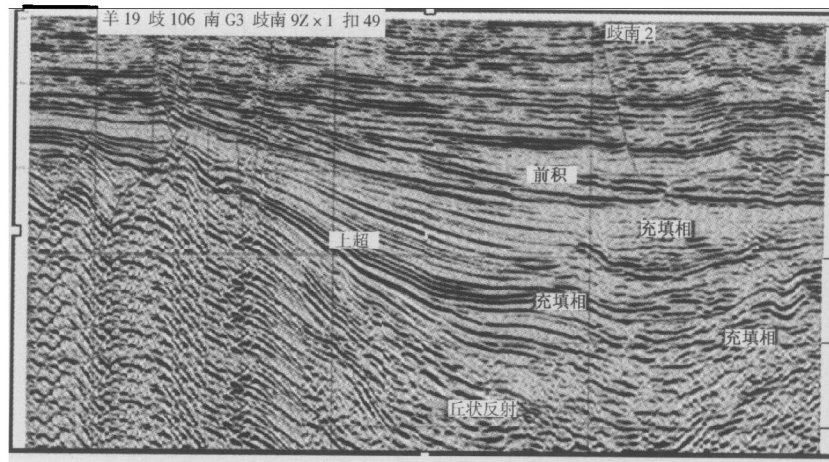


图 3 歧南洼陷西斜坡典型地震层序划分剖面

Fig.3 Typical seismic sequence section on the western slope of Qinan sag

| 级层序  | 二级层序            | 三级层序<br>(厚度)           | 准层序组           | 准层序                 | 湖面对升降<br>变化曲线<br>升↔降 | 沉积速率 | 体系域 | 沉积环境与体系                                |
|------|-----------------|------------------------|----------------|---------------------|----------------------|------|-----|----------------------------------------|
| 下第一系 | 东营组             | $Ed_1$<br>(0~600 m)    |                |                     |                      |      | 低位  | 低水位湖成三角洲。高水位前三角洲                       |
|      |                 | $Ed_2$<br>(100~300 m)  |                |                     |                      |      | 高位  |                                        |
|      |                 | $Ed_3$<br>(100~600 m)  |                | $Ed_3$ ①②           |                      |      | 低位  |                                        |
|      | 沙河街组            | $Es_1^+$<br>(200 m)    |                |                     |                      |      | 高位  | 高水位密度流水道砂体                             |
|      |                 | $Es_1^{II}$<br>(300 m) | 板0油组           |                     |                      |      | 高位  | 高水位浊积扇, 密度流水道砂体                        |
|      |                 |                        | 板1油组           | 板1①②                |                      |      | 高位  |                                        |
|      |                 | $Es_1^F$<br>(50~600 m) | 板2油组           | 板2①②③               |                      |      | 高位  | 高水位密度流水道砂体, 半深水砂坝, 粒屑灰岩滩, 近岸水下扇, 湖底扇   |
|      |                 |                        | 板3油组           | 板3①②③               |                      |      | 高位  |                                        |
|      |                 |                        | 板4油组           | 板4①②                |                      |      | 高位  |                                        |
|      |                 |                        | 滨I油组           | 生物灰岩区①②③<br>砂岩区域①②③ |                      |      | 潮浸  |                                        |
|      |                 | $Es_2$<br>(100~700 m)  | 滨II油组          | 滨II①②               |                      |      | 低位  | 低水位近岸滩坝砂体水下河道砂                         |
|      |                 |                        | 滨III油组         | 滨III①②③             |                      |      | 低位  |                                        |
|      |                 |                        | 滨IV油组          |                     |                      |      | 低位  |                                        |
|      | 渐新统<br>13.5 Ma  | $Es_3$<br>(600~1500 m) | $Es_3^+$ 油组    | $Es_3^+$ ①②         |                      |      | 高位  | 高水位密度流水道砂体, 浊积扇; 湖侵沿岸砂坝; 低水位近岸水下扇, 湖底扇 |
|      |                 |                        | $Es_3^{II}$ 油组 | $Es_3^{II}$ ①②③     |                      |      | 潮浸  |                                        |
|      |                 |                        | $Es_3^F$ 油组    | $Es_3^F$ ①②③        |                      |      | 低位  |                                        |
|      | 距今年代<br>36.5 Ma |                        | 枣0油组           |                     |                      |      | 低位  |                                        |

图 4 歧口凹陷下第三系层序地层综合图

Fig.4 Generalized stratigraphic chart showing Paleogene stratigraphic sequences in Qikou depression

歧口凹陷第三系主要发育有明化镇组、馆陶组、东营组、沙河街组等4套地层<sup>[14]</sup>。从整体来看,由歧北、歧南两个凹陷向羊二庄构造带、南大港构造带、孔店-羊三木凸起,下第三系超覆减薄,甚至缺失。从层序地层的角度来看,歧口地区下第三系从沙河街组到东营组经历了三次大的水位变化,一是从中生界到沙三段沉积末期,主要形成了低位体系域、湖进体系域和高位体系域三个体系域。歧口地区沙河街组二段为一低位体系域沉积,只在凹陷中心及其周边地区接受了一些沉积,在凹陷中心除发育有部分重力流沉积之外,多为泥岩,沿古湖岸线发育一些砂体。之后,再一次发生水进,沙一段开始沉积,主要形成了低位体系

域、湖进体系域和高位体系域三个体系域。东营组总体为湖进到湖退的过程,东营组二、三段多为泥岩,一段沉积了一套物源来自沈清庄的三角洲沉积体。

歧口凹陷从凹陷区到凸起区按湖盆基底形态分为凸起区、缓坡带、坡折带、凹陷区4个部分。歧南洼陷西斜坡的缓坡带及歧北洼陷坡折带在多年的水体进退的过程中,沉积的砂体超覆于湖盆边界之上或呈岩性上翘尖灭,可形成大量的岩性圈闭、地层圈闭及复合类油气藏(图5)。同时,该区也是歧口地区油气运移的主要指向区之一,是一个油气比较富集、隐蔽类油气藏也很发育的地区。

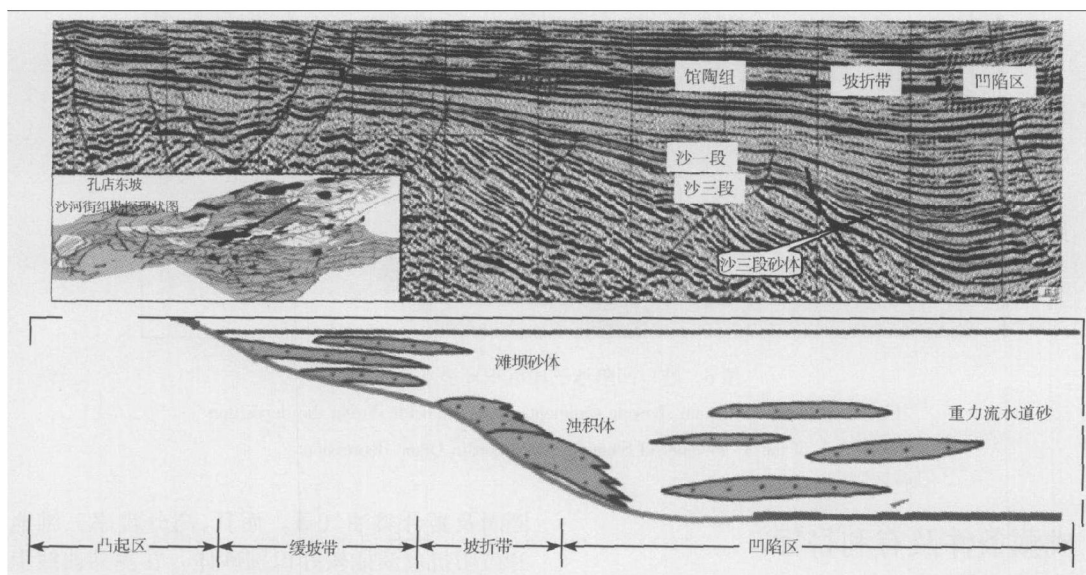


图5 歧口凹陷凸起、缓坡带、坡折带和凹陷区分布图

Fig.5 Distribution map of swell, gentle slope zone, slope break zone and depressed area in Qikou depression

## 2.2 沉积相分析

滩坝砂岩形成于湖泊的滨浅湖环境,多分布在湖盆边缘、湖湾、湖中局部隆起周围的缓坡一侧,离开河流入口处,在波浪较强的湖岸处发育较好<sup>[12]</sup>。在歧南西斜坡,沙一段主要发育生物碎屑滩坝,而沙三段以发育砂质滩坝为特征。

以歧南地区扣47井为例,从沙三段砂层的取样分析来看,其概率累积曲线主要以跳跃搬运和悬浮搬运为主,其悬浮总体和跳跃总体的交点及细截点的值接近95%, $\Phi$ 值也比较集中。从岩心

来看,多以块状砂岩为主,岩石颗粒分选性好,局部发育一些斜层理。在C-M图上,扣47井发育SR,RQ,QP段,不发育滚动搬运段。结合岩石矿物成分(重矿物、轻矿物、岩石成分)、沉积构造等特征,可明显看出扣47井区沙三段砂体沉积以滩、坝相为主。扣西地区多为坝沉积的主体。歧北斜坡歧85井沙三段上部为重力流沉积,在C-M图上和概率累积曲线上有明显的滚动搬运部分,录井中有混杂堆积的特征。沙三段下部为滩坝相沉积。其C-M图和概率累积曲线特征和扣47井比

较接近。

根据物源分析,歧南西斜坡滩坝砂岩陆源碎屑物质主要来自孔店-羊三木凸起。其滩坝发育在古隆起周围的缓坡一侧,属于水下古隆起滩坝<sup>[2]</sup>。

沙三段滩坝砂体的测井特征比较明显:具有高自然电位(箱状或钟型)、高电阻、低伽马特征。在测井相特征上比较容易识别。

沙三段地震相分析,已知含油气井所在的三

套砂组地震相特征明显,根据地震反射资料、地震波阻抗反演资料和地震波形聚类资料可以勾画出滩坝砂体的平面分布范围。

根据岩心相、沉积相和地震相分析,歧口地区沙三段主要有水下扇、滩坝及密度流水道3种沉积。水下扇主要有羊二庄水下扇,以及在孔店凸起及港西凸起周边受大断层控制,发育小的水下扇体,在凹陷周围的广大斜坡区是广泛分布的滩坝及重力流水道发育区(图6)。

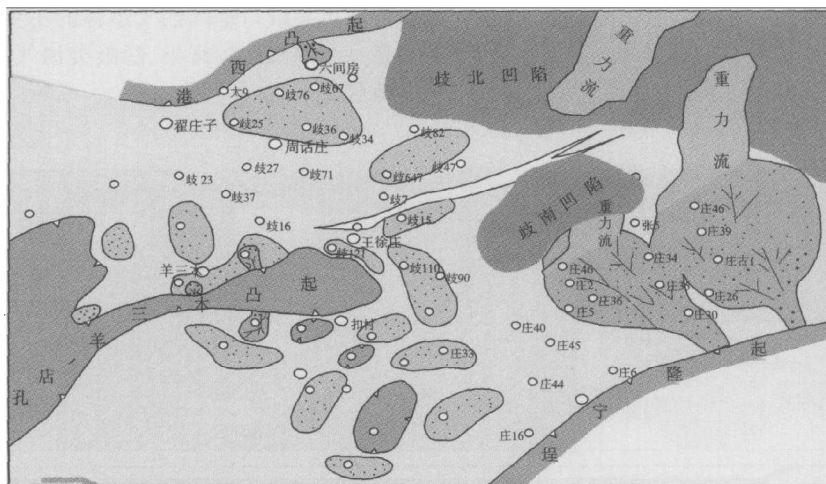


图6 歧口凹陷沙三段沉积环境示意图

Fig.6 Schematic diagram showing sedimentary environments during the deposition of the 3<sup>rd</sup> member of Shahejie Formation in Qikou depression

### 3 成藏条件及有利目标

#### 3.1 成藏条件

根据层序地层学研究和成藏条件分析,歧南洼陷西斜坡具有形成隐蔽油气藏的有利条件。

(1)歧口凹陷西斜坡为继承性发育构造斜坡,是歧口凹陷油气运移的主要指向区。同时广泛分布的不整合面和横向连通性良好的储层以及断层是油气运移的主要通道<sup>[16-18]</sup>。目前,在凸起上已发现并开发了孔店油田和羊三木油田,在斜坡区也钻探了一些出油点,证实油源来自歧口凹陷沙三段良好生油层,供油条件优越。

(2)歧南西斜坡由湖进期-高位期形成多层系广泛分布的滩、坝砂体,沉积的砂体多向湖盆边界超覆,形成大量岩性上翘尖灭的岩性圈闭、地层

圈闭及复合类油气藏。而且,高分辨率三维地震和波阻抗反演能较好识别砂体。在测井曲线上砂体具有高自然电位(箱状或钟型)、高电阻、低伽马特征;砂体储层物性较好,具有高孔高渗特征。沙三段一般发育Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ三个砂组,厚度30~50 m,平均孔隙度24.8%,平均渗透率 $175.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;沙一下亚段颗粒灰岩分布广泛,厚度5~15 m,平均孔隙度22%,渗透率 $82 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。而且,目的层埋深适中,具备形成一定规模隐蔽油气藏的条件。

(3)歧南洼陷西斜坡沙河街组湖水水体深浅交替出现,形成了良好的盖层,沙三段滩、坝砂体沉积后没有遭受大规模构造运动破坏,并有沙一中亚段区域性盖层的广泛分布,构成该区良好的油气保存条件<sup>[19]</sup>。

(4)该区油气藏类型丰富。多年来的勘探成

果,发现以歧 647 井油藏为代表的整合油藏、以联盟为代表的上翘尖灭型油藏,以歧南 9×1 井为代表的构造-岩性油气藏等多种类型的油气藏。

### 3.2 勘探目标

歧南洼陷西斜坡具备隐蔽油气藏的成藏条件和油气勘探的潜力。根据岩心、钻井、测井和地震资料的综合研究,应用层序地层学的研究成果,初步选定歧南西斜坡的下列目标进行重点油气勘探。

#### 3.2.1 扣 50 南岩性圈闭

扣 50 南岩性圈闭位于歧南西斜坡地区,是砂岩上翘尖灭形成的岩性圈闭。通过对高分辨率三维地震进行精细解释,落实了沙三段两套砂组及沙一段、中生界的圈闭形态,落实圈闭面积 2.5 km<sup>2</sup>。其中,沙三段 I 砂组顶面圈闭高点埋深 2 320 m,幅度 320 m,圈闭面积 2.5 km<sup>2</sup>,预测含油面积 1.4 km<sup>2</sup>,沙三段 II 砂组顶面圈闭高点埋深 2 500 m,幅度 160 m,圈闭面积 1.2 km<sup>2</sup>,预测含油面积 0.8 km<sup>2</sup>。

#### 3.2.2 扣 33 井断块

扣 33 井断块圈闭构造位置在歧南洼陷西斜坡上,具备形成构造背景上的岩性油气藏的优越条件。目前,在砂体的高部位部署实施的扣 49 井、扣 481、扣 50 井均已获得工业油气流。其中,扣 49 井和扣 50 井获得高产油气流,扣 481 井在沙三段获工业油气流。为了扩大本区的勘探成果,拟在扣 33 井断块较低部位的庄 43 井附近进行油气勘探。

庄 43 井断块由羊北断层和两条东掉断层所组成,地层东倾,为继承性发育断块构造。断块沙一段高点埋深 2 600~2 675 m,幅度 275~225 m,圈闭面积为 2.2 km<sup>2</sup>;沙三段 II 砂组高点埋深 2 775~2 875 m,幅度 275~175 m,圈闭面积为 1.9 km<sup>2</sup>。该断块西南为扣 46 井断块圈闭,歧 90 井在沙三段也见到油气显示,试油出水。预测断块内沙三段砂层组发育,砂岩累积厚度约为 100 m,预测砂岩孔隙度为 13%~16%。本区断层断点清楚,南侧南掉断层侧向封堵条件好,因此结合砂体和圈闭条件,认定该圈闭为一富集油气的有利圈闭。

致谢:在本文研究工作中,曾先后得到大港油

田公司和东方地球物理公司研究院大港分院有关人员的大力支持与帮助,在此表示感谢。

### 参考文献

- 1 袁选俊, 潘汉生. 渤海湾盆地富油气凹陷隐蔽油气藏勘探[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 130~133
- 2 朱筱敏, 信基麟, 张晋仁. 断陷湖盆滩坝储集体沉积特征及沉积模式[J]. 沉积学报, 1994, 12(2): 20~27
- 3 陈世悦, 杨剑萍, 操应长. 惠民凹陷西部下第三系沙河街组两种滩坝沉积特征[J]. 煤田地质与勘探, 2000, 28(3): 1~4
- 4 吴崇筠. 湖盆砂体类型[J]. 沉积学报, 1986, 4(4): 1~27
- 5 周丽清, 邵德艳, 房世瑜, 等. 板桥凹陷沙河街组滩坝砂体[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(4): 351~355
- 6 孙锡年, 刘渝, 满燕. 东营凹陷西部沙四段滩坝砂岩油气成藏条件[J]. 国外油田工程, 2003, 19(7): 24~25
- 7 Soreghan M J, Andrews C. Textural and compositional variability across littoral segments of Lake Tanganyika: the effect of asymmetric basin structure on sedimentation in large rift lakes [J]. AAPG Bull, 1996, 80(3): 382~409
- 8 李绍光, 吴涛. 中国石油地质志, 卷 4, 大港油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991
- 9 孟元林, 周玥, 付静茹. 歧南凹陷下第三系成岩阶段划分[J]. 地质前缘, 2004, 11(1): 10
- 10 van Wagoner J C, Posamentier H W, Mitchum R M, et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions[A]. In: Wilgus C K, Hastings B S, Kendall C G St C, et al. Sea-level changes: an integrated approach[C]. SEPM Spec Pub, 1988, 42: 39~45
- 11 陈开远, 孙爱霞, 杜宁平. 成油体系中的层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(3): 221~225
- 12 薛良清. 湖相盆地中的层序、体系域与隐蔽油气藏[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 115~120
- 13 蒲仁海. 断陷湖盆层序地层学的几点进展[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 410~413
- 14 许淑梅, 翟世奎, 李三忠, 等. 歧口凹陷滩海区下第三系地震反射特征及层序划分[J]. 青岛海洋大学学报, 2001, 31(5): 739~746
- 15 赵澄林, 张善文, 袁静, 等. 胜利油区沉积储层与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999
- 16 陈昭年, 陈发景, 周建生, 等. 黄骅坳陷中北区和歧口凹陷断裂构造特征及古应力分析[J]. 现代地质, 1997, 11(4): 471~477
- 17 刘伟兴, 谭守强, 袁淑琴, 等. 歧口凹陷中浅层油气富集因素及成藏模式[J]. 中国海上油气(地质), 2002, 16(3): 183~188
- 18 王光奇, 漆家福, 岳云福. 歧口凹陷及周缘新生代构造的成因和演化[J]. 地质科学, 2003, 38(2): 230~240
- 19 吴元燕, 付建生, 周建生, 等. 歧口凹陷含油气系统及其评价[J]. 石油学报, 2000, 21(6): 18~22