

# 老爷庙地区石油地质特征与油气分布

王晓文<sup>1</sup>, 董月霞<sup>2</sup>

(1. 中国石油冀东油田, 河北唐山 063004; 2. 中国地质大学, 湖北武汉 430074)

摘要: 老爷庙构造带为一滚动背斜构造带, 发育 3 个级别的断层: (1) EW-NE 走向的控凹断层; (2) NNE-NE 走向的控油断层; (3) NW-NWW 走向的控圈闭断层。沙河街组三段 4~5 亚段的深湖相泥岩及沙河街组一段至东营组三段的浅湖-半深湖相泥岩为主力生油岩, 此二套生油岩已进入成熟阶段, 有机质类型以混合型及腐殖型为主, 均具较高丰度, 为较好-好生油岩。辫状河道砂体、水下重力流砂体、水下分流河道砂体、河口坝砂体及深水浊积砂体为主要储集体, 具高孔、高渗特征。油气藏的类型主要受控于裂陷盆地的伸展程度、同生断层及沉积相带。裂陷旋回控制含油气系统的分布, 同生断层使含油面积扩大, 储集体相带的配置决定油气的富集程度。

关键词: 石油地质特征; 控制因素; 滚动背斜; 老爷庙

第一作者简介: 王晓文, 男, 41 岁, 高级工程师, 石油地质与勘探

中图分类号: TE12 文献标识码: A

## 1 石油地质特征

老爷庙构造带是一个受南堡凹陷北部边界断层——西南庄断层控制的滚动背斜构造带, 面积约 150 km<sup>2</sup>, 有利勘探面积约 80 km<sup>2</sup>。该构造带油气勘探始于 60 年代。1976 年在南 4 井发现油气显示, 1985 年庙 3 井获得工业油气流, 老爷庙油田得以发现。

### 1.1 构造

#### 1.1.1 概况

老爷庙地区主要发育老爷庙滚动背斜构造, 由庙北背斜和庙南斜坡两个部分组成, 主体位于庙北, 是一个被多组断层复杂化的背斜构造(图 1)。庙北背斜的北断鼻、南断鼻和中部背斜主体构造面积约 12 km<sup>2</sup>。庙南斜坡构造较庙北背斜简单, 断层走向单一, 均为 NNE 向, 构造继承性好, 圈闭面积约 8 km<sup>2</sup>。

#### 1.1.2 断层

新一轮高精度三维地震解释落实了老爷庙地区发育 3 个级别的断层。

(1) EW-NE 走向的西南庄控凹断层, 位于南堡凹陷的西北缘, 是控制老爷庙地区乃至南堡凹陷下第三系沉积及构造发育的边界断层, 具同生断层特征, 延伸长约 60 km。垂直断距上小下大, 约

200~1 800 m。该断层中生代晚期开始发育, 早第三纪活动强烈, 晚第三纪减弱。

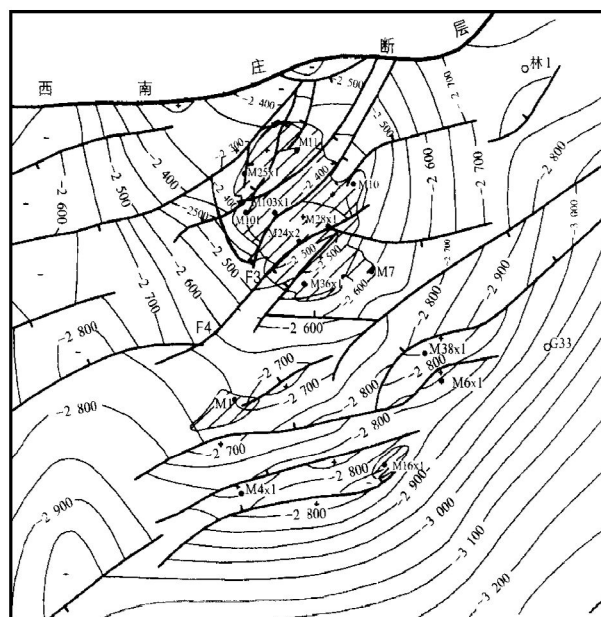


图 1 老爷庙地区东营组一段底构造图

Fig. 1 Structural map showing basement of first member, Dongying Formation in Laoyemiao region

(2) NNE-NE 走向的控油断层, 断距一般 60~100 m, 延伸长 2~10 km, 呈雁行式排列, 总的展布方向与背斜轴向近于平行, 是老爷庙构造的主要控油断层, 尤其以 F3 和 F4 两条断层最为重要。该组断层沙河街组末期开始发育, 东营组早中期强烈活动, 东营组末期至馆陶组期活动减弱, 明化镇组中晚期活动增强, 为一组左行扭性正断层(图 2)。

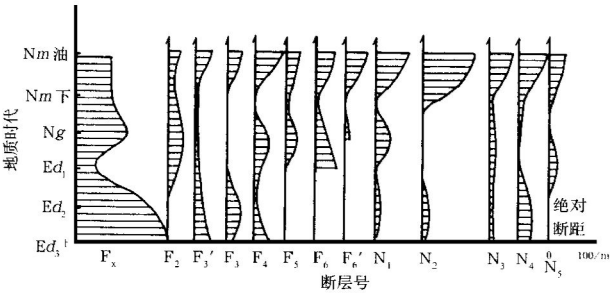


图 2 老爷庙地区主要断层活动强度图

Fig. 2 Active intensity of major faults in Laoyemiao region

(3)NE - NWW 走向的控圈闭断层, 位于 NNE - NE 向断层之间, 横向延伸距离小。该组断层主要活动期为东营中晚期, 东营末期停止活动。该组断层控制老爷庙北地区局部圈闭的含油气情况。

1.2 烃源岩

南堡凹陷下第三系沙河街组 东营组发育多套厚层暗色泥岩, 其中沙河街组三段 4~ 5 亚段 ( $E_{s3}^{4+5}$ ) 的深湖相泥岩及沙河街组一段 ( $E_{s1}$ ) - 东营组三段 ( $Ed_3$ ) 浅湖-半深湖相泥岩为主力生油岩, 前者生油岩厚度 300~ 500 m, 后者 400~ 850 m。有机质类型以混合型及腐殖型为主。东营组三段及沙河街组一段由于处于沉积中心, 富氢的水生生物组分较多, 有机质类型为腐殖腐泥型。东营组三段及沙河街组一段烃源岩均为较好-好烃源岩 (表 1)。

表 1 老爷庙地区烃源岩综合评价表

Table 1 Synthetic assessment of hydrocarbon source rocks in Laoyemiao region

| 层位         | C/ %     | "A"/ %      | H/C/ %      | (S1+ S2)/ mg·g <sup>-1</sup> | 干酪根类型                             | 评价    |
|------------|----------|-------------|-------------|------------------------------|-----------------------------------|-------|
| $Ed_3^{上}$ | 1.03(72) | 0.096 8(28) | 0.062 5(19) | 2.75(35)                     | II <sub>2</sub> - II <sub>1</sub> | 较好    |
| $Ed_3^{下}$ | 1.27(48) | 0.114 2(24) | 0.073 8(17) | 3.53(17)                     | II <sub>1</sub>                   | 较好- 好 |
| $E_{s1}$   | 1.16(5)  | 0.187 2(5)  | 0.135 4(5)  | 1.72(5)                      | II <sub>1</sub>                   | 较好- 好 |

注: 括号内为样品数

老爷庙地区生烃门限深度在 3 200 m 左右, 成烃高峰期深度为 3 800~ 4 600 m, 埋深 4 600~ 5 800 m 为湿气-凝析油阶段, 5 800 m 进入干气阶段。故东营组三段及沙河街组一段现已进入大量生烃的成熟阶段; 沙河街组三段推测已进入湿气-凝析油阶段。庙南地区由于埋藏较深, 部分东营组二段地层已进入生油门限, 具有一定的生烃能力。

1.3 储层

南堡凹陷为下第三系发育的北断南超的箕状凹陷, 老爷庙油田紧邻南堡凹陷北部边界断层的下降盘, 沉积主要受西南庄断层及高柳断层的控制,

为断陷湖盆的一部分。沙河街组推测发育扇三角洲-湖泊三角洲及水下重力流沉积, 东营组主体为断陷湖盆充填, 上第三系为冲积扇-扇前辫状河沉积体系。同时, 受构造活动差异、沉积物供给等因素影响, 沉积类型呈多样化, 不同时期沉积类型及其组合相应变化。

1.3.1 沉积体系及沉积相带

老爷庙地区东营组可划分为两个充填层序: 第 I 层序为东营组三段; 第 II 层序由东营组二段和一段组成。东营组发育冲积扇-扇三角洲沉积体系, 北侧为物源区。其中东营组三段和一段沉积时期发育冲积扇、扇三角洲沉积, 东营组二段沉积时期发育湖泊三角洲沉积。上第三系明化镇组和馆陶组发育冲积扇-扇前辫状河道沉积。

1.3.2 砂体

主要有辫状河道砂体、水下重力流砂体、水下分流河道砂体、河口坝砂体、深水浊积砂体等 5 种类型的储集砂体, 其中扇三角洲前缘的水下分流河道砂体及河口坝砂体的储集性能最好。

东营组单砂层厚度变化较大(5~ 35 m), 含砂率一般为 30 %~ 60 %, 高值区与构造有利部位具有良好的配置关系。砂岩类型以碎屑砂岩为主, 碎屑成分主要为石英、长石, 以粒间孔为主, 有效孔隙度为 18 %~ 22.8 %, 平均为 20 %, 渗透率一般为  $10 \times 10^{-3} \sim 500 \times 10^{-3} \mu m^2$ , 为中孔、中渗储层。明化镇组及馆陶组单砂层厚度较大, 含砂率较高, 有效孔隙度为 28 %~ 30 %, 渗透率一般为  $1\ 000 \times 10^{-3} \mu m^2$ , 属高孔、高渗储层。

2 油气藏

2.1 组合

主要的油气藏组合有 3 套: 即  $E_{s3} - E_{s1}$  原生深层轻质油-凝析气藏;  $Ed_1 - Ed_3$  中层原生油气藏及  $Nm - Ng$  浅层次生油气藏。目前两种类型的油气藏已基本探明。老爷庙地区深层构造规模大, 形态完整, 推测  $E_{s1} - E_{s3}$  有可能形成中、大型原生轻质油-凝析气藏, 下步勘探时, 应予以重视。

2.2 类型

背斜油气藏、断块油气藏、岩性油气藏及复合油气藏为老爷庙地区的主要油气藏类型, 每一油气藏类型依据其闭合高度、油水界面、流体压力系统及分布形态又可进一步分为若干亚类。庙北地区以背斜油气藏类型为主; 断块油气藏类型主要分布

于庙南地区; 庙中地区有岩性油气藏分布(图3)。

| 类型    | 亚类型       | 模式图                                                                                 | 主要特点                                                             | 代表油藏         |
|-------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------|
| 背斜油气藏 | 挤压背斜      |    | 1. 背斜的闭合高度控制油气分布;<br>2. 统一的油水界面;<br>3. 统一的流体压力系统;<br>4. 层状或块状油藏。 | 庙101馆陶组      |
|       | 逆牵引背斜     |    | 1. 背斜分割成若干断块, 但含油范围仍然受背斜控制;<br>2. 油(气)水较为统一;<br>3. 以层状油藏为主。      | 庙北东营组三段      |
|       | 断鼻构造油藏    |    | 1. 油气受断鼻闭合高点构造条件控制;<br>2. 断鼻内具统一油水界面;<br>3. 块状或层状油藏。             | 庙38×1东营组     |
| 断块油藏  | 正向断块油藏    |    | 1. 断块含油高度受断层侧向封堵条件控制;<br>2. 断鼻内部油(气)水界面统一;<br>3. 层状油藏。           | 庙36×1明化镇、馆陶组 |
|       | 反向屋脊断块油藏  |    | 同上                                                               | 庙北地区普遍发育     |
|       | 多断层组合断块油藏 |    | 同上                                                               | 庙北地区普遍发育     |
| 岩性油藏  | 砂岩上翘尖火油藏  |    | 1. 油气受岩性侧向封堵条件控制; 2. 含油范围与构造等高线相交的闭合面积有关; 3. 以层状油藏为主。            | 庙中东营组        |
|       | 砂岩透镜体油藏   |  | 1. 油气受砂体周围不渗透层控制, 自成独立油(气)水系统, 有时具底水; 2. 油质轻, 且力高。               | 庙中东营组        |
|       | 储集物性封闭油藏  |  | 1. 油气分布受物性变化带控制;<br>2. 油藏形态不规则。                                  | 庙北西南且断层下降盘根部 |
| 混合油气藏 | 构造岩性油藏    |  | 1. 油气分布受构造和岩性两个因素控制;<br>2. 有统一的油气水界面;<br>3. 以层状油藏为主。             | 庙27-4东营组     |

图3 老爷庙地区油气藏类型图

Fig. 3 Types of hydrocarbon pools in Laoyemiao region

## 2.3 特征

庙北主体是一个继承性的背斜构造, 虽被多条断层切割成若干断块, 但整体形态依然存在。油藏类型为构造控制下的断块层状油藏。含油井段长, 含油带较窄, 油水关系复杂, 基本上没有统一的油水界面。

油藏驱动类型为弹性驱动。明化镇组、馆陶组以底水驱动为主, 东营组以边水和溶解气驱动为主。试油、试采及高压物性分析资料表明, 油藏具产量高、气油比高( $> 100 \text{ m}^3/\text{t}$ )、油质轻(密度为

$0.83 \sim 0.85 \text{ g/cm}^3$ ) 等特点。

## 3 控油因素

### 3.1 伸展扩张旋回

南堡凹陷下第三系两期局部裂陷旋回控制了本区沙河街组、东营组的沉积充填序列与构造发育, 进而控制了  $E_{s3}$  及  $E_{s1}-E_d$  两期含油气系统的分布。勘探实践已证实上部  $E_{s1}-E_d$  含油气系统油气较为富集, 推测下部  $E_{s3}$  含油气系统也可能为富油系统。

### 3.2 同生断层

庙北地区东营组油气藏是发育在背斜构造背景之上的断块层状油藏, 平面上背斜主体油气较为富集, 表现为含油断块多, 单断块油气充满程度高, 单井钻遇含油井段长; 而翼部相对富集程度差, 表现为单断块油气充满程度低, 油层厚度小等。

空间上油气富集在与控油断层(与深部油源层沟通的断层)相连通的圈闭中。在庙北地区存在两条主要控油断层 F3 和 F4, 含油断块大多发育在这两条断层两侧。由于浅层多期断层交叉、叠置, 扩大了油源断层平面上的沟通范围, 使垂向上控油断层两侧由浅至深含油范围逐渐扩大。富集在背斜构造背景之上的局部高断块的明化镇组、馆陶组油藏, 与多期断层交叉、叠置不无关系。

庙南地区以反向屋脊断块油藏为主, 其中一系列 NE 走向南掉断层控制了庙南地区的油气藏分布, 由于地层陡、断层陡, 决定了庙南地区含油条带窄, 油柱高度小。

### 3.3 沉积相带

老爷庙滚动背斜主体与储集相带配置关系良好, 但在局部断块或个别层段由于储集相带差影响了油气富集程度, 尤其是在庙北地区的东营组二段和庙南的西部地区, 尽管前缘相砂体在平面上分布广泛, 但垂向上该相带砂体厚度相对较薄, 使得砂体横向连通性差, 从而影响了油层的厚度。在构造和储层的双重控制下, 油气主要富集于砂层组的顶部或隔层中。

## PETROLEUM GEOLOGICAL PROPERTY AND HYDROCARBON DISTRIBUTION IN LAOYEMIAO REGION

Wang Xiaowen<sup>1</sup> Dong Yuexia<sup>2</sup>

(1. Jidong Oilfield Company of China Petroleum, Tangshan, Hebei; 2. China University of Geosciences, Wuhan)

**Abstract:** Laoyemiao structural belt is a rolling anticline structural belt. Three grades of faults that developed there are: 1. EW-NE strike faults that controlled sag; 2. NNE-NE strike faults that controlled oil; 3. NW-NWW strike faults that controlled traps. The deep lake facies mudstone of 4~5 submembers of Sha-3 member and shallow to semi-deep lake facies mudstone from Sha-1 member to the third member of the Dongying Formation are two main sets of source rocks which have all reached maturation stage. Their organic matter is basically mixed and humic types with higher organic abundance. The reservoir bodies are braided river channel sand bodies, subaqueous gravity flow deposits, subaqueous distributary channel sandbodies, river mouth sand bars and turbidity sand bodies in deep water. The reservoirs are characterized by high porosity and high permeability. The types of hydrocarbon pools are mainly controlled by the extension of rifted basin, contemporaneous faults and sedimentary facies. Rifting cycles controlled the distribution of petroleum system, the contemporaneous faults increased hydrocarbon-bearing area, and the collocation of reservoir facies determined oil and gas enrichment.

**Key Words:** petroleum geological property; controlling factor; rolling anticline; Laoyemiao

(上接第 340 页)

的分布受到断层的控制。NE 向和 NW 向两组断层交汇处应当是火山活动中心的位置。

邻近继承性活动的断层,火成岩裂缝和次生溶蚀孔隙发育。邻近火成岩活动中心,各类粗碎屑火山碎屑岩发育,玄武岩的隐爆作用强烈。由于受到后期构造活动和溶蚀作用,因而容易形成次生孔隙和裂缝。北深 28 区块断层交汇部位是火山活动中心的位置,构造作用比较强,同时也是构造的高部

位,火成岩裂缝可能更为发育。所以该部位是火成岩储层有利分布区,是进一步开展火成岩钻探的有利部位。

### 参 考 文 献

- 1 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社,1993. 223~238
- 2 邱家骧,陶奎元,赵俊磊,等. 火山岩[M]. 北京:地质出版社,1996. 10~22

## RESERVOIR EVALUATION OF DEEP-SEATED IGNEOUS ROCKS IN BEIPU REGION, HUANGHUA DEPRESSION

Ma Qian<sup>1</sup> E Junjie<sup>2</sup> Li Wenhua<sup>2</sup> Cheng Suoyin<sup>2</sup>

(1. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei; 2. Jidong Oilfield Company of China Petroleum, Tangshan, Hebei)

**Abstract:** The reservoir rocks of Beipu region in Huanghua Depression are deep-seated igneous rocks of Sha-1 and Sha-3 members. The reservoir rocks are mainly pyroclastic rocks and basalts. Fractures are primary preserving spaces of the basalts; intergranular secondary pores and micro-fractures are the basic preserving spaces of pyroclastic rocks. The reservoirs are characterized by considerable variation in porosity and permeability. The development of preserving spaces of igneous rocks are controlled by lithologic feature, rock facies zone, tectonic stress and the coincidence of filling stage with oil accumulation stage. The pyroclastic rock of Sha-1 member developed well with small distribution range; the basalt of Sha-3 member are distributed extensively with considerable thickness. The highs on the top structures are targets for further exploration.

**Key Words:** Beipu; deep-seated bed; igneous rock; reservoir property