

文章编号: 0253-9985(2001)03-0256-05

莘县凹陷下第三系含油气系统分析

王运所¹, 姜舒文¹, 廖家汉¹, 史小川², 王 英¹

(1. 中原油田勘探开发科学研究院, 河南濮阳 457001 2. 中原油田分公司技术监测中心, 河南濮阳 457001)

摘要: 莘县凹陷位于渤海湾盆地临清坳陷东部, 其主力烃源岩发育在沙河街组一段、三段及四段+孔店组。馆陶组沉积末期, 烃源岩进入生、排烃高峰期, 为含油气系统形成的关键时刻。依据油气显示及油源对比结果, 该凹陷下第三系可划分为两大含油气系统: 沙河街组三段已知含油气系统由沙河街组三段下亚段和中、上亚段两个子系统组成, 前一子系统已发现贾2井、莘4井油藏, 后一子系统目前尚未发现油气显示; 沙河街组四段+孔店组推测含油气系统由沙河街组四段和孔店组两个子系统组成, 目前均未发现油气显示。含油气系统内主要发育构造、构造-岩性及岩性3类油气藏, 形成于中新世。生烃凹陷、生烃时期及断层封堵性控制了油气藏的分布, 堂邑次凹环洼带为有利的成藏区。

关键词: 含油气系统; 下第三系; 油气藏; 莘县凹陷

第一作者简介: 王运所, 男, 27岁, 工程师, 石油地质

中图分类号: TE121

文献标识码: A

莘县凹陷位于渤海湾盆地临清坳陷东部, 受兰聊断层控制, 为一NNE向延伸的中、新生代凹陷, 面积2 640 km², 已钻井21口, 仅堂邑次凹周边3口井于沙河街组三段下亚段见油气显示, 其中贾2、莘4两口井获低产油流。凹陷内地层发育较全, 古生界是覆盖在前震旦变质岩系基底上的巨厚寒武系、奥陶系海相碳酸盐岩和石炭系海陆交互相暗色砂泥岩夹煤层、碳酸盐岩以及二叠系陆相红、灰间互砂泥岩夹煤层^[1]。中生界主要是一套中下三叠内陆盆地河湖相的紫红色砂泥岩建造以及侏罗-白垩系灰、紫红色砂泥岩沉积。新生界发育齐全, 厚度较大, 第四系+上第三系厚1 400余米; 下第三系在堂邑次凹最厚, 约4 100 m, 主要为湖相、河流相沉积的砂泥岩, 其中沙河街组三段暗色泥岩发育, 是本区下第三系主要烃源岩。

1 基本要素

1.1 烃源岩

莘县凹陷烃源岩为下第三系暗色泥岩, 发育在沙河街组一段、沙河街组三段及沙河街组四段+孔店组。其中沙河街组一段、沙河街组三段中、上亚段暗色泥岩埋藏浅, 热演化程度低(未成熟), 其生烃贡献不大。沙河街组四段+孔店组为较差烃源

岩, 其生烃贡献亦较小。沙河街组三段下亚段为一套深湖-半深湖相沉积的深灰色泥岩夹粉砂岩、页岩、油页岩, 厚约200~1 000 m, 有效烃源岩厚约350~850 m, 有机碳含量平均为0.5%~3.7%, 氯仿沥青“A”平均为0.021%~0.2%, 总烃 $100 \times 10^{-6} \sim 900 \times 10^{-6}$, 每克有机碳的残余生油潜量为0.7~10.3 mg, 干酪根类型为II₁型, 为好烃源岩, 生烃贡献最大, 平面上集中分布于堂邑次凹。

1.2 储层

莘县凹陷储层以中孔中渗(孔隙度: 15%~25%, 渗透率: $5 \times 10^{-3} \sim 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)、中孔低渗(孔隙度: 12%~20%, 渗透率: $1 \times 10^{-3} \sim 50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)储层为主。纵向上深度小于3 000 m, 孔隙度大于15%, 储层储集性能较好。层位上沙河街组三段中亚段为中孔中渗型, 储集性能最好, 沙河街组三段下亚段和沙河街组二段为中孔低渗型储层, 储集性能次之, 沙河街组四段和孔店组为低孔低渗(孔隙度<8%, 渗透率< $0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)型储层, 储集性能较差。

1.3 盖层

下第三系盖层有沙河街组四段+孔店组、沙河街组三段、沙河街组一段及上第三系明化镇组发育的泥岩、生物灰岩等。

沙河街组三段下亚段盖层厚度大, 一般厚6~25 m, 评价为II类盖层, 是油气层的良好盖层; 其次为沙河街组三段中亚段和沙河街组一段; 沙河街组

四段+ 孔店组和明化镇组最差。

1.4 生储盖组合

莘县凹陷下第三系存在以下二种生储盖组合:
(1) 自生、自储、自盖组合, 沙河街组三段下亚段、沙河街组四段+ 孔店组存在此类组合。其中以沙河街组三段下亚段最优越, 已见油流。

(2) 下生上储式组合, 沙河街组四段+ 孔店组生、沙河街组三段下亚段或沙河街组三段中、上亚段储盖; 沙河街组三段下亚段生、沙河街组三段中、上亚段储盖。这一组合形式未见油气显示。

2 基本地质作用

2.1 地温

2.1.1 今地温

(1) 在沉积岩松散的第四系和上第三系中, 地温梯度较高, 每百米最高可达 2.9℃。

(2) 东营组地温梯度迅速降低至每百米 2.26℃, 其岩石组分是红色为主的粗碎屑岩层。

(3) 下第三系沙河街组平均地温梯度为每百米 2.49℃。纵向上分布不稳定, 沙河街组一段和沙河街组三段暗色泥岩为主的层段, 地温梯度较高, 每百米达 2.7~ 3.1℃, 而沙河街组二段、沙河街四段以红色碎屑岩为主的层段则低至每百米 2.2~ 2.4℃。

- (4) 孔店组普遍较低, 平均为每百米 1.85℃。
- (5) 中生界亦较低, 平均为每百米 2.37℃。
- (6) 与东濮凹陷对比, 莘县凹陷地温梯度未达到东濮凹陷的平均值, 新生界平均地温梯度为每百米 2.8℃, 比东濮凹陷低 0.7℃左右。

2.1.2 古地温梯度

莘县凹陷磷灰石裂变径迹的年龄和长度分析表明, 径迹衰退带的上限和下限深度为 2 300~ 4 000 m, 磷灰石径迹在井下衰退的温度范围实际上是在 70~ 125℃之间, 因此, 古地温梯度为每百米 2.94℃, 比新生界实测的平均地温梯度每百米 2.8℃高 0.14℃。

粘土矿物伊利石- 蒙脱石混层的温度上限为 104℃^[2], 莘县凹陷伊- 蒙混层在井深 3 100 m 左右消失, 从而得到该井的古地温梯度为每百米 2.6℃, 比实测地温梯度低 0.2℃。莘县凹陷实测地温梯度基本上反映了其古地温梯度, 现今地温为地层经受过的最高温度, 表明堂邑次凹为连续沉降凹

陷, 生油过程还在继续。

2.2 关键时刻

渤海湾盆地其它坳陷地温梯度较高, 油气运移关键时刻在东营组沉积末期的喜山运动第二幕, 而莘县凹陷地温梯度较低, 沙河街组三段下亚段主力烃源岩在馆陶组沉积末期进入油气关键时刻 (生、排烃高峰期, 图 1)。因此, 喜山运动第三幕是影响本区油气运移和富集的最大一次构造运动。

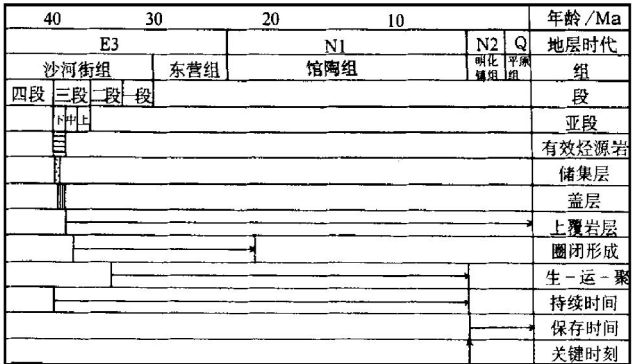


图 1 莘县凹陷下第三系含油气系统事件图

Fig. 1 Events of Lower Tertiary petroleum systems in Shenxian Sag

喜山运动第三幕在本区的规模较小, 不能造成巨大的压差, 导致本区油气运移的动力小, 油气以侧向短距离运移、聚集为主。因此, 油气分布以堂邑次凹环洼带最为有利。

2.3 圈闭形成

圈闭主要形成于早第三纪渐新世, 都早于馆陶组沉积末期的油气关键时刻, 应为有效圈闭, 且与主生烃期配置关系好, 不足之处是, 主生烃期距今时间太短 (5Ma), 此时断层封堵性强, 圈闭供油时间短, 不利于油气远距离运移和富集。

2.4 后期改造与保存

莘县凹陷下第三系主力烃源岩成熟较晚, 在馆陶组沉积末期才进入油气关键时刻。此时, 绝大多数断层已停止活动, 对油气藏的形成和保存有利。

3 系统划分

3.1 划分依据

(1) 油气显示。莘县凹陷下第三系见油气显示井共 3 口, 平面上分布于堂邑次凹周边, 纵向上为沙河街组三段下亚段, 此亚段是莘县凹陷重要含油层位。

(2) 油源对比。烃源岩与原油氯仿沥青“ A ”族组

成原油与烃源岩抽提物正构烷烃和异构烷烃、稳定碳同位素、生物标志化合物、化石组合等对比表明:贾 2 井、莘 4 井沙河街组三段下亚段原油属同一类型,同源于下第三系沙河街组三段下亚段烃源岩^[3]。

3.2 含油气系统

根据莘县凹陷石油地质条件,已发现油藏及油源对比结果,下第三系可划分为沙河街组三段含油气系统和沙河街组四段+孔店组含油气系统。根据油气来源及封盖条件的差异,可进一步划分为 4 个含油气子系统(图 2)。

地 层				生储盖层		生储盖组合	含油气系统划分		存在依据
系	统	组	段	亚段	生	储	主系统	子系统	
下第三系		沙河街组	东唐组						
			沙一段						
			沙二段						
			沙三段	上					
		沙河街组	沙三段	中			沙三段含油气系统	沙三上中下亚段含油气子系统	推测
				下				沙三下亚段含油气子系统	
		孔店组	沙四段				沙四段含油气系统	贾 2 井、莘 4 井发现油藏	推测

图 2 莘县凹陷下第三系含油气系统划分示意图
Fig. 2 Sketch map showing the division of Lower Tertiary petroleum systems in Shenxian Sag

(1) 沙河街组三段含油气系统(已知)。根据油气来源和封盖条件的差异,进一步划分为沙河街组三段下亚段和沙河街组三段中、上亚段含油气子系统。后一含油气子系统主要是下生上储式组合,发育有良好的储层和盖层,关键是要有连接上部储层和下部烃源岩的油气运移通道以及充足的油源。目前未发现油气显示,为推测级含油气子系统。前一子系统目前已发现贾 2 井、莘 4 井油藏,为已知级含油气子系统。

(2) 沙河街组四段+孔店组含油气系统(推测)。可划分为沙河街组四段和孔店组含油气子系统。此套含油气系统由于沙河街组四段+孔店组烃源岩品质较差,目前未发现油气显示,为推测级含油气系统。

莘县凹陷油藏、油气显示以及成熟烃源岩均分布于堂邑次凹,表明沙河街组三段含油气系统和沙河街组四段+孔店组含油气系统主要分布于堂邑次凹(图 3)。

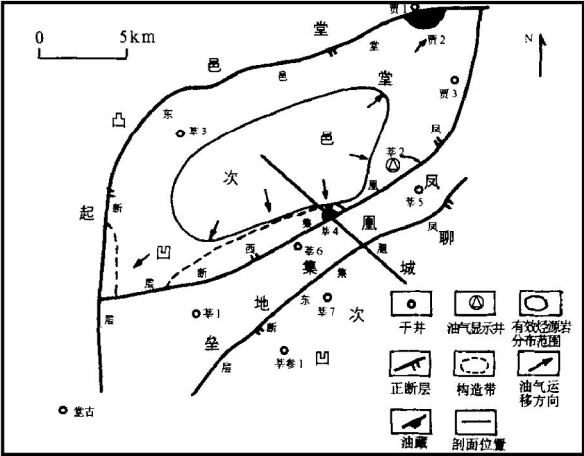


图 3 莘县凹陷堂邑次凹含油气系统平面示意图
Fig. 3 Planar sketch map of petroleum systems in Tangyi Subbasin, Shenxian Sag

4 系统内的油气藏

4.1 类型

(1) 构造油气藏,包括断块和断鼻油气藏。多发育在断裂活动较强地区,断层封堵是形成该类型油气藏的主要因素。其中堂邑次凹内的贾 2 井、莘 4 井见低产油流,即属此类油藏(图 4)。堂邑次凹周边是寻找此类油气藏的主要场所。

(2) 构造-岩性油气藏。岩性圈闭在其上翘方向被断层切割,即可形成断块-岩性圈闭。这类圈闭主要分布于堂邑次凹及周边斜坡地带。

(3) 岩性油气藏。砂岩透镜体四周被非渗透性泥岩包围,形成圈闭。这类圈闭多发育于堂邑次凹沙河街组三段中、下亚段的暗色泥岩中,具有良好的油源条件,易形成油气藏。

4.2 形成期次

对于含油气系统而言,其关键时刻就是源岩生烃期和油气藏形成时期。常用的方法是根据烃源岩的主生烃期、圈闭形成期、油藏饱和压力分析油气藏形成期;另外,流体包裹体及自生矿物伊利石测龄新技术,可以较准确地确定油气藏形成时期。考虑到莘县凹陷下第三系单套烃源岩、单个烃源岩发育区(堂邑次凹)、单期油气生成,油气藏形成历史较简单,加之实际资料的限制,采用烃源岩的主生烃期、圈闭形成期确定油气藏形成时期。莘县凹

陷目前仅在堂邑次凹见到贾2井油藏和莘4井油藏, 油源对比结果认为, 油来自于堂邑次凹沙河街组三段下亚段烃源岩。圈闭主要形成于早第三纪

的渐新世, 而沙河街组三段下亚段烃源岩主生烃期在晚第三纪中新世的馆陶组沉积末期。所以, 莘县凹陷油气藏形成期较晚, 为晚第三纪的中新世。

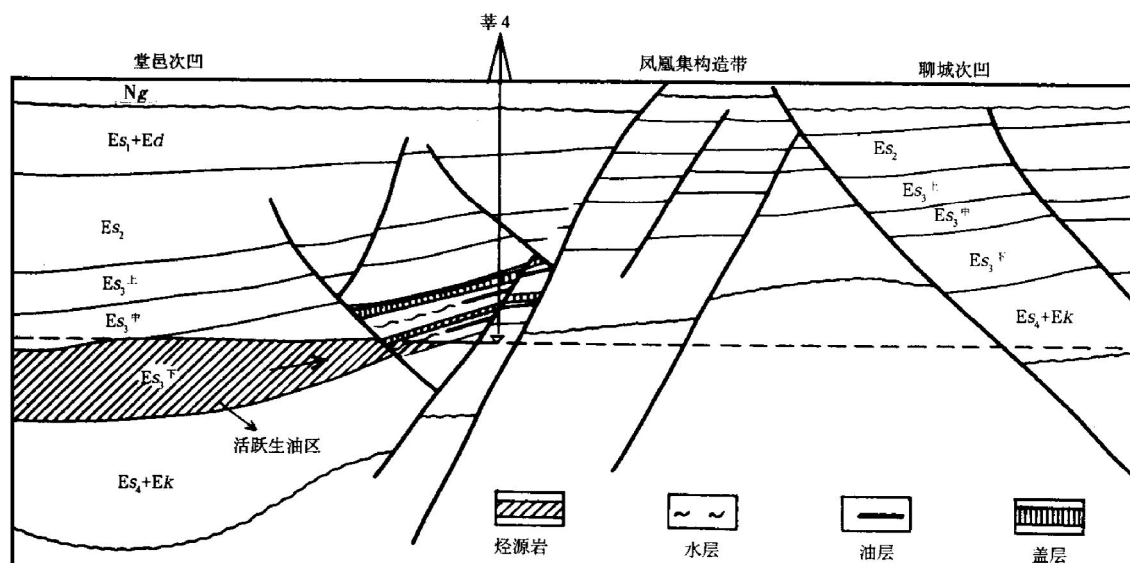


图4 莘县凹陷堂邑次凹凤凰集构造带含油气系统剖面图

Fig. 4 Sectional view of potroleum system in Fenghuangji structural belt of Tangyi Subsag, Shengxian Sag

4.3 控制因素

(1) 平面上受生烃凹陷控制。莘县凹陷油气分布于堂邑次凹周边, 主力烃源岩沙河街组三段下亚段已达液态生烃阶段, 生成的油气向其四周圈闭内运移。而聊城次凹和朝城次凹烃源岩品质差, 热演化程度低, 油源条件有限, 未见油气显示。

(2) 纵向上主要受烃源岩成烃期控制。堂邑次凹沙河街组三段下亚段烃源岩在馆陶组沉积末期进入油气关键时刻, 此时绝大多数断层已停止活动, 成为封闭性断层, 油气不能沿断层向上运移至其他层位, 只能靠本层位砂岩作为二次运移通道, 遇到圈闭聚集成藏。目前仅在沙河街组三段下亚段见油气显示可作为佐证。

(3) 运移距离由断层控制。凤凰集构造带有3口钻井, 圈闭形态落实可靠, 而未见油气显示, 断层

封挡起到了决定性作用。莘2井和莘5井分别钻至凤凰集西断层下降盘和上升盘, 莘2井在沙河街组三段下亚段见油气显示, 而莘5井未见, 说明堂邑次凹生成的油气未沿着凤凰集西断层向上运移。

4.4 有利区

堂邑次凹环洼带为油气长期运移指向区, 石油地质条件优越, 根据含油气系统分析, 堂邑次凹环洼带为莘县凹陷下第三系有利的成藏区。

参 考 文 献

- 1 王立志, 冯石. 用磷灰石裂变径变分析研究东濮凹陷白庙地区的热历史[J]. 石油勘探与开发, 1994, 21(5): 38~43
- 2 任战利. 中国北方沉积盆地构造热演化史研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 10
- 3 胡见义, 赵文智. 中国含油气系统的应用与进展[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997

ANALYSIS OF LOWER TERTIARY PETROLEUM SYSTEMS IN SHENXIAN SAG

Wang Yunsuo¹ Jiang Shuwen¹ Liao Jiahua¹ Shi Xiaochuan² Wang Ying¹

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Zhongyuan Oilfield Company, Puyang, Henan; 2. Technical Monitoring Center, Zhongyuan Oilfield Company, Puyang, Henan)

Abstract: Shengxian Sag is situated in the east part of Linqing Depression in Bohai Bay Basin. The main source rocks are Sha-1, Sha-3, Sha-4 members and the Kongdian Formation. The late depositional stage of the Guantao Formation was the peak stage of oil generation and expulsion of the source rocks and also the critical period of the formation of

petroleum systems. According to oil shows and oil-source correlation, the Lower Tertiary in the sag could be divided into two petroleum systems: 1. the known Sha-3 member petroleum system which contains two subsystems such as the lower Sha-3 submember and the middle and upper Sha-3 submember subsystems. Oil pools of Jia-2 Well and Sheng-4 Well were discovered in the first subsystem but no oil shows have been found in the last subsystem; 2. the deduced petroleum system of Sha-4 member and the Kongdian Formation could be divided into Sha-4 member subsystem and Kongdian Formation subsystem, and no oil shows have been discovered in the second subsystems. The oil pools developed within the petroleum systems are mainly structural oil pool, structural-lithologic oil pool and lithologic oil pool which were formed in Miocene Epoch. The distribution of oil pools are controlled by hydrocarbon generation sag, hydrocarbon generation stage and fault-sealing ability. It is considered that circumsag belt in Tangyi Subsag is favourable for hydrocarbon pool formation.

Key Word: petroleum system; Lower Tertiary System; oil and gas pool; Shengxian Sag

(上接第 255 页)

4.3 注采系统

由于注采系统不完善, 形成只注不采或只采不注, 甚至透镜状油砂体井网未控制的状况。注采井距影响着注采完善程度, 井网不规则和较大的井距往往影响注入水平面波及程度。按流动单元实际生产井点统计, 各流动单元井距不均系数为 0.15~0.35, 对点状面积注水井网, 其地下井距不均系数是偏大的(井距不均系数小于 0.1 时, 认为基本均

匀)。从井间剩余油分布来看, 随着注采井距的加大, 剩余油饱和度有增大趋势。因此, 应在调整挖潜的过程中, 补孔完善注采对应; 在注采井距较大的地区, 增加注采井点, 进一步完善注采系统。

参 考 文 献

- 1 陈永生. 油田非均质对策论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993
- 2 李兴国. 应用微型构造和储层沉积微相研究油层剩余油分布[J]. 油气采收率技术, 1994, 1(1): 68~80

DISTRIBUTION OF REMAINING OIL IN SHA-2 MEMBER OF PUCHENG OILFIELD

Zhou Yu¹ Deng Jun¹ Shi Weimin¹ Han Xiaoqin¹ Wang Xiaohua¹ Li Daoliang²

(1. Research Institute of Exploration and Development, Zhongyuan Oilfield Company, SINOPEC, Puyang, Henan;

2. The Second Oil Production Factory, Zhongyuan Oilfield Company, Puyang, Henan)

Abstract: The oil pool of Sha-2 member in the east part of Pucheng Oilfield is a multi-layer heterogeneous bedded oil pool, and has entered into high aquiferous exploration stage. The remaining reserve of the pool is 396×10^4 t, mainly distributed near faults, in the higher parts of structures and complicated fault-blocks. Micro-structures and reservoir property are the basic factors influencing the distribution of remaining oil; normal micro-structures and micro-roof type structures are the positions for oil enrichment; the fluid flow unit with lower permeability has higher remaining oil saturation. Besides, the saturation increases with the increasing of waterflood well spaces.

Key Words: remaining oil; micro-structure; sedimentary microfacies; water flood recovery system, Pucheng Oilfield