

东辛复杂断块油气田成藏特征

蒋有录

(石油大学资源系, 山东东营 257062)

我国最大的复杂断块油气田——东辛油气田的油气源充足、储集层发育、继承性发育的隆起带构造背景十分有利于油气的聚集。断裂多期活动致使油气纵向运移活跃, 油气沿断裂运移、聚集。断层强烈活动期, 流体沿断裂向上快速注入式运移; 断裂相对不活动期, 断层逐渐封闭, 进入浅部地层的油气沿断层形成次生油气藏, 从而形成纵向上多层组含油气, 原油忽轻忽重, 油气藏沿断层呈叠瓦式展布, 自下而上依次形成油藏→油气藏→气藏的完整序列。

关键词 断块 油气田 断裂 成藏模式 东辛

第一作者简介 蒋有录 男 38岁 副教授(硕士) 石油与天然气地质学

目前已发现的复杂断块油气田多数集中于渤海湾裂谷盆地。它们数量多、储量大, 如济阳坳陷和东濮凹陷, 复杂断块油气田的数量和储量占已发现油气田的三分之一以上^[1,2]。这类油气田的油气分布复杂, 勘探开发难度较大, 因此, 研究其成藏地质条件、油气富集规律及成藏模式, 对于老油气田进一步滚动勘探和类似新油气田的勘探, 具有重要的应用价值和理论意义。本文以我国最大的复杂断块油气田——东辛油气田为例, 对其油气藏的形成、分布及成藏模式进行了分析研究。

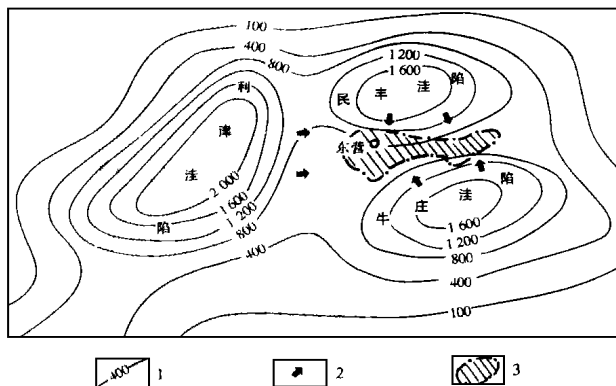


图1 东辛地区油气源条件示意图

1—沙河街组四段上部生烃强度等值线(10^4 t/km^2);

2—油气运移方向; 3—东辛油气田

1 成藏地质背景

东辛油气田具有十分优越的成藏地质背景, 其基本成藏有利条件可概括为三条, 即充足的油气源、良好的储集层、优越的圈闭条件。

1.1 充足的油气源

由于断裂活动使油气运移活跃, 油气易于分散或散失。因此, 要形成储量丰富的复杂断块油气田, 油气源的充足程度须高于一般油气田。

东辛油气田位于生油条件极为优越的东营凹陷中东部(图1), 处于东营凹陷中央隆起带中北段, 在利津、牛庄、民丰等三个有利生油洼陷之间。这些洼陷均为下第

三系主力烃源岩系埋藏深度大、成熟烃源岩体积大、生排量大的一级生油洼陷^{*}, 可向东辛地区提供充足的油气(图1)。另外, 东辛构造带的沙河街组三段中下部、四段上部生油层埋深均超过东营凹陷2 200 m的生油门限, 也可提供油气源。因此, 本区油气源十分充足。

1.2 良好的储集层

东辛地区下第三系各类储集体非常发育, 自下而上有沙河街组三段中下部浊积砂体, 沙河街组三段上部至一段三角洲砂体、河流相砂体, 东营组及上第三系河流相砂体。其中沙河街组三段上部、沙河街组二段的三角洲砂体横向分布范围大、稳定, 物性好, 成为油气横向运移的良好运移层, 也是东辛油气田油气富集的主要层系。正是通过这些分布广、厚度大、物性好的砂体, 使相邻洼陷中的油气得以源源不断地向东辛构造运移、聚集。

1.3 优越的圈闭条件

东辛构造带是东营凹陷中央断裂背斜带的重要组成部分, 由东营穹窿背斜和辛镇长轴背斜组成, 具继承性发育的特点。沙河街组四段上部沉积时, 孔店组一段至沙河街组四段中部巨厚的岩盐、膏岩及塑性泥岩层开始沿沉积底面向凹陷中央集中并上拱, 形成背斜带的雏形; 之后背斜带持续发育, 至沙河街组三段上部沉积前, 东营背斜形成。在东部, 辛北断层继承基底断层开始活动, 在塑性层上拱的影响下发展, 并在断层下降盘开始出现辛镇滚动背斜。在沙河街组一段至东营组沉积时期, 同生断层最为发育, 辛镇及东营背斜顶部相继陷落, 形成“堑式”背斜^{**}, 至晚第三纪结束前, 东辛构造基本定型。

据研究^[3], 东营凹陷各生油洼陷在馆陶组沉积前, 沙河街组四段上部、三段中下部生成的油气即开始运移、聚集。之后, 大量油气继续向有利构造及圈闭运移。此时, 东辛构造早已定型, 遂成为油气运移的主要指向。由于断裂作用形成众多的断块圈闭, 并提供了油气垂向运移的通道, 从而形成了以断块油气藏为主体、多层系含油的复式油气聚集带。

2 油气分布特征

复杂断块油气田由于断块多而破碎, 油气纵横向运移很活跃, 致使油气分布复杂。纵向上含油气层组多, 含油气井段长; 平面上不同断块区油气贫富差异程度大^[1]。这些特点在东辛油气田表现得非常典型。

2.1 纵向分布特征

由于断裂长期活动, 油气沿断裂运移、聚集, 致使东辛油气田在纵向上含油气井段很长, 从900 m到3 300 m均有油气藏分布。但由于主要成藏期后盆地级的构造变动较弱, 油气藏未经大规模的破坏和再形成, 油气藏的保存条件较好。油气富集层位相对较为集中, 大多数油气富集于1 800~ 2 700 m深度段。

在纵向上六套含油气层系中, 主力含油层系沙河街组二段和沙河街组三段上部占全油田总储量的33.7%和35.3%; 沙河街组三段中下部占16.3%, 沙河街组一段占8.9%; 而东营组、馆陶组分别仅占5.8%和0.1%。这些含油气层系由40多个含油砂层组组成, 可细分为上百个含油砂层。各含油气层系的上部砂组油气最富集。大多数含油断块区在纵向上有数个到

* 张春荣. 济阳拗陷下第三系生油洼陷. 复式油气田, 1996, (3)

** 杜贤樾, 李春光, 朱宗浩. 东营凹陷中央背斜复式油气聚集带. 复式油气田, 1996, (1)

数十个油藏,它们沿断层呈“梳状”展布(图2),或称叠瓦状展布^[1]。

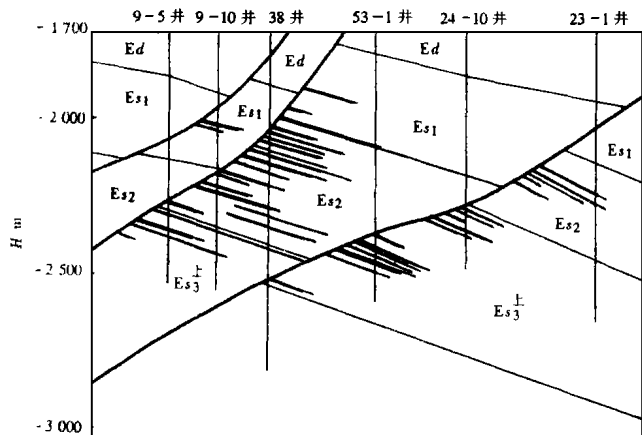


图2 东辛油气田辛9-5井至辛23-1井油藏剖面图

明化镇组出现纯气藏,即由下而上依次出现低饱和油藏→高饱和油藏、油气藏→纯气藏的完整序列。

东辛构造断裂活动时期较长,尤其是那些控制构造形成和发育的二级断层,具有断距大、开始活动时间早、结束晚的特点,成为油气纵向运移的主要通道。上第三系馆陶组中的重油及明化镇组的浅层气,正是通过这些结束时间较晚的断层从下部地层中运移上来的。东营组及上第三系油气分布零星、储量较小,说明油气向浅部转移的范围不大、数量有限。这是因为,一方面构造带上大多数断层结束于早第三纪,油气只能沿一些晚期活动断层进入上第三系;另一方面,作为东营湖盆水侵期发育的沙河街组一段,厚度较大且稳定分布的泥岩盖层使大多数油气被封盖于沙河街组一段以下。因此,断裂和区域性盖层对本区油气在纵向上的分布具有十分重要的控制作用。

2.2 平面分布特征

复杂断块油气田油气分布的显著特点是多油层的叠合连片,从而形成油气富集区;但每一套层系的含油范围均不能在全油田连片^[1]。

东辛地区油气分布广泛,叠合含油面积为 79.4 km^2 ,含油面积最大的沙河街组二段的石油平面分布系数(该层系含油面积与全区叠合含油面积之比)只有 0.52,沙河街组三段上部只有 0.38。这两套层系虽然在全油田广泛分布,但每一套都不能覆盖全区。这主要是由于复杂断块油田的油藏绝大多数为地层上翘方向被反向断层切割形成的屋脊断块油藏,单个油藏含油带较窄,它们沿断层形成叠瓦式油藏组合,叠合含油面积远远超过单个油藏的含油面积。因

烃类的相态在纵向上也有一定的变化规律。埋深1900 m以下全为低饱和油藏,地层压力与饱和压力之差(地饱压差)大于8 MPa;1900 m以上,出现高饱和油藏、油气藏和纯气藏,油藏的地饱压差一般小于7 MPa,部分小于1 MPa。在1500 m至3300 m主要油藏分布段,油藏的地层压力与饱和压力之差随埋深增加呈线性增大(图3)。从层位上来说,下部沙河街组三段、二段为低饱和油藏,沙河街组一段、东营组以高饱和油藏、油气藏为主,浅层馆陶组出现重油油藏,

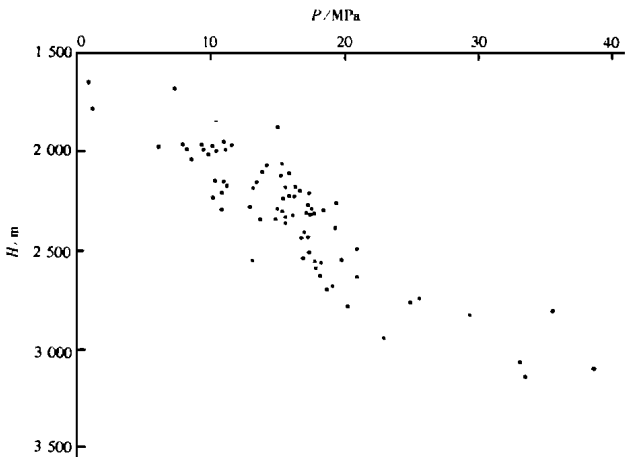


图3 东辛油气田油藏地饱压差与深度关系图

此, 多层系叠合面积也必然大大超过单一层系的含油面积。

在东辛油气田, 由于各断块区油气藏的形成和保存条件不尽相同, 从而使不同断块区油气富集程度差异很大, 即使相邻的断块区, 油气富集层位及储量丰度差异也很大。位于构造翼部的营 8, 辛 10 等断块区, 断块较完整, 构造部位较高, 纵横向封堵条件及油源条件好, 成为最富集的含油气断块区。而构造核部低断块区, 构造部位低, 断块小而破碎, 保存条件较差, 油气富集程度相对较差。不同断块区油气富集程度的差异主要取决于断层的纵横向封闭性与油气运聚时期的配置关系。

3 油气运聚成藏形式

复杂断块油气田的形成需要一定范围的油气补给面积, 使油气在平面上汇聚起来。同时, 断裂活动使油气纵向运移活跃, 形成沿断层梳状展布的油气藏群。

东辛油气田储量大、含油气丰度高, 纵向上含油层组多、跨度大。这些特点说明, 本区油气藏的形成需要足够的补给面积。除构造带下部地层可提供部分油气外, 本区主要是汇聚了周围洼陷区的油气。一方面, 洼陷区的油气通过连通的储集体大规模运移, 并首先在靠近洼陷的构造翼部断块区富集起来; 同时油气穿过断层向构造核部断块区运移聚集; 另一方面, 一些长期活动的二、三级断层下部可断至油源层沙河街组三段中下部、沙河街组四段上部, 上部断至上第三系明化镇组, 成为油气纵向运移的通道。这些控制构造发育演化和油气运移的油源断层, 多次使深部沙河街组三段中下部原生岩性油藏和已被断层遮挡形成的沙河街组三段上部、沙河街组二段、沙河街组一段的断层油藏的平衡条件改变, 部分油气沿断层向上运移, 在浅部上第三系中形成次生油气藏(图 4)。

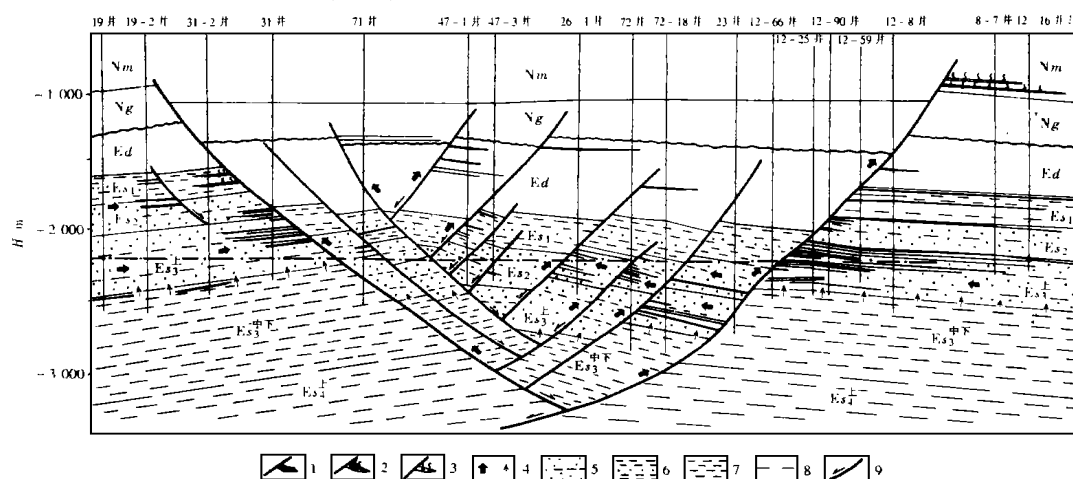


图 4 东辛油气田成藏剖面图

1—油藏; 2—油气藏; 3—气藏; 4—油气运移方向; 5—砂岩夹泥岩; 6—泥岩夹砂岩; 7—泥岩;

8—生油窗顶; 9—正断层

本区第一次较大规模的油气运移聚集发生于馆陶组沉积前^[3, 4]。在此以后, 随着断裂活动的持续进行, 原来的油气藏平衡条件改变, 油气沿断裂再运移。另外, 从烃源岩中排出的油气也沿断裂向上运移。一些活动结束时间较晚的二级断层成为油气纵向运移的重要通道。次生油气藏出现的最浅层位代表了这些断层活动结束的时代。

大约在东营组-馆陶组沉积早期,油气由周围深洼陷运移至本区,首先在翼部断块区富集起来。由于断层活动,油气沿断层垂向运移或对置储集层横向运移,并在适宜的部位聚集成藏。以较高气油比运移进入浅部层系的石油,随压力、温度降低,一部分天然气析离出来,加上原来呈游离状态的天然气,在浅部沙河街组一段、东营组形成带游离气顶的油气藏及纯气藏。在此以后,构造活动渐趋微弱,这些油气聚集又经过上第三系逾1 000 m地层的进一步埋藏,地层压力增大,深部沙河街组三段、沙河街组二段层系原生油藏饱和压力保持不变,而原来浅层沙河街组一段、东营组呈游离状态的气顶气,相当一部分溶于液态石油中,形成高饱和油藏,从而造成目前沙河街组一段、东营组油藏饱和压力较高,而沙河街组三段、沙河街组二段油藏饱和压力较低的现象。

在断裂发育地区,油气藏的形成、破坏和再形成与断裂活动紧密相连^[3]。由断块运动产生的不同块体或同一块体不同部位的流体势差不同,断裂成为不同块体或不同层系流体运移的通道,流体从高势区流向低势区。这种运移伴随着构造运动产生或加剧,多期断裂活动导致油气多次聚散,而每一次又是快速发生的;当构造运动结束,进入构造平缓期后,多数断裂将失去通道作用。因此,流体沿断裂的运移呈间歇性^[5,6]。在东辛复杂断块油气田,正是这种断层的通道和封闭两种作用的结合,形成了绝大多数油气沿断层富集,纵向上含油气井段数百米至上千米,数十乃至上百个油气藏叠瓦状展布的局面。

油气沿断层向上运移的方式在断层的不同发育时期是不一致的。在东辛油气田沙河街组三段至东营组数十套油气层中,流体性质不仅不同,断块差异亦很大,即使在同一断块,原油性质在纵向上也呈现“忽稠忽稀”、“忽重忽轻”的现象^[7]。在某些断层附近,中浅层出现与其埋深不相适应的高矿化度地层水。另外,在纵向上,带气顶的油气藏与油藏间互出现。这些现象说明,当深部流体沿断层向上运移时并不完全是依靠浮力,多数情况可能是,当构造活动较强烈时,地应力作用于地下流体,使其产生足够高的流体势,流体沿断层快速向上运移,其运移方式可能是混相的、注入式的;当断裂活动渐趋平缓,断层封闭,流体沿断层纵向运移基本结束。此后,注入到储层中的流体在重力作用下开始分异,形成断块油藏或油气藏。依靠这种方式成藏,多数断块油藏含油带较窄,但在纵向上可富集形成多层系含油的叠瓦式油气藏组合。

4 结论

(1) 东辛复杂断块油气田具有油气源充足、储集层发育、圈闭条件好等成藏优越条件。多种有利条件使本区形成了以断块油气藏为主体,油气十分富集的复式油气聚集带。

(2) 断裂活动控制油气的纵向运移和油气富集区块的形成,从而形成纵向上含油气井段长、含油气层组多,并沿断层叠瓦式展布的油气藏组合,由下而上依次出现油藏→油气藏→气藏序列。

(3) 油气沿断层的运移方式多样。断层强烈活动期,下部原生油藏中的流体沿断裂快速向上注入式运移;断层不活动期,断层逐渐封闭,沿断层形成次生油气藏。次生气藏出现的最浅层位代表了断层活动结束的时代。

致谢:在研究过程中,得到了胜利石油管理局东辛采油厂刘振副总地质师、姜祥和张东清工程师的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

1 王平,李幼琼,李纪辅.复杂断块油田详探与开发.北京:石油工业出版社,1994. 1~59

- 2 帅德福, 王秉海主编. 中国石油地质志(卷六): 胜利油田. 北京: 石油工业出版社, 1993. 415~ 422
- 4 王秉海, 钱凯主编. 胜利油区地质研究与勘探实践. 东营: 石油大学出版社, 1993. 291~ 308
- 4 王平. 济阳拗陷复杂断块油田含油特点. 石油学报, 1981, 2(3): 37~ 43
- 5 Hooper E C D. Fluid migration along growth faults in compacting sediments. Journal of Petroleum Geology, 1991, 14(2): 161~ 180
- 6 张树林, 田世澄, 朱水安等. 南堡凹陷的断裂构造与油气三次运移. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 262~ 267
- 7 蒋有录, 李丕龙, 翟庆龙等. 复杂断块油气田流体性质及分布规律研究. 地质论评, 1994, 40(增刊): 70~ 77

POOL-FORMING CHARACTERS OF COMPLEX FAULT-BLOCK OIL AND GAS FIELDS IN DONGXIN

Jiang Youlu

(Resources Department, Petroleum University, Dongying, Shandong)

Abstract

China's largest complex fault-block oil and gas fields— Dongxin oil and gas fields possess sufficient oil and gas sources and well developed reservoir rocks. The inherited uplift belts developed there are favourable for hydrocarbon accumulation. Multi-stage faultings resulted in active vertical migration of oil and gas. During early faulting, hydrocarbons were injected upward along the faults; during stable stage, faults closed gradually, and hydrocarbon that entered shallow strata migrated along the faults to form secondary oil and gas pools, thus forming vertical multi-layer hydrocarbon assemblages. The pools imbricated and formed oil pool → oil-gas pool → gas pool sequences in ascending order.