

兰聊断裂带石油地质特征和含油气圈闭类型

王新运 张亚敏

(中原石油勘探局勘探开发研究院, 河南濮阳 457001)

东濮凹陷兰聊断裂带是燕山期以来形成的张性断裂带, 西邻生油深凹, 东邻鲁西隆起。沿带发育大量鼻状构造、古潜山和水下扇。其下盘(为主)及上盘均有含油气圈闭。含油气圈闭的类型有: 下降盘基底抬升形成的断鼻构造、滑塌砾岩封堵的断鼻构造; 上升盘的生物礁、地层-构造圈闭和低部位的古潜山。

关键词 东濮凹陷 兰聊断裂带 油气控制因素 入字型构造 圈闭类型 滑塌砾岩

作者简介 王新运 男 51岁 高级工程师 石油地质

在渤海湾盆地中, 不少断陷在边界大断层两侧发现了油气藏。如东营凹陷北部陡坡带发现了单家寺、王庄和宁海等油田^[1]; 大民屯凹陷在南部韩三字子断层下降盘, 辽河西部凹陷在大洼断层下降盘均发现了油气藏。东濮凹陷在东部兰聊断层下降盘也发现了白庙浅层气田和深层油气藏, 在前梨园1号构造上发现了工业油气流。可见断陷盆地边界大断层两侧是油气运移、聚集的有利场所。详细地研究断裂带对油气藏形成的控制因素, 对油气勘探具有重要的现实意义。

一、勘探概况

兰聊断裂带位于东濮凹陷濮城-前梨园次凹和葛岗集次凹(以下称为东部洼陷带)与鲁西隆起之间, 包括兰聊断层上升盘的潜山带、二台阶(断阶带, 下同)与入字型构造和下降盘的陡坡带两个部分。该带呈NNE向展布, 长约140 km, 宽6—8 km, 研究区的面积大约1000 km²(图1)。

该区石油钻探始于1976年, 至今已钻各类探井59口, 开发井3口, 其中获得工业油气流井16口, 低产油气流井6口, 电测解释有油气层井12口, 油气显示井11口。上述钻孔主要分布在中区的白庙构造, 绝大部分的油气显示井也位于该构造。

目前, 该区已作三维地震三个区块, 共259.4 km²。全区二维地震勘探密度已达0.5×1 km, 地震勘探程度较高。

到目前为止, 该带已探明白庙构造浅气藏, 对深层(E₃)油气正在勘探中; 前1号构造获得工业油流; 毛4古潜山圈闭见到少量油流。

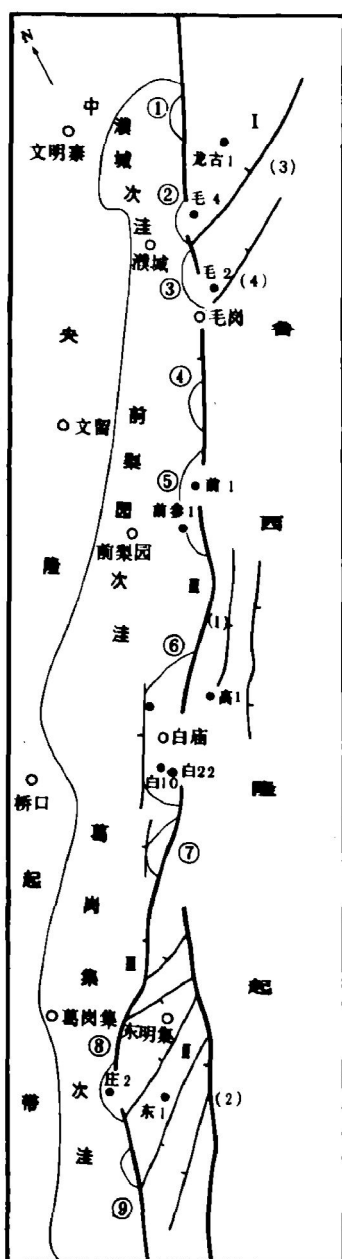


图1 兰聊断裂带构造略图

I—毛岗入字型构造, I—东明集二台阶; (1)—兰聊断层, (2)—兰聊东断层, (3)—杨集断层, (4)毛岗断层; ①—白衣阁断鼻, ②—毛2号断鼻, ③—毛1号断鼻, ④—前2号断鼻, ⑤—前1号断鼻, ⑥—白庙构造, ⑦—乔良屯断鼻, ⑧—新庄断鼻, ⑨—裴子岩断鼻

二、石油地质特征

兰聊断裂带是一个复杂的构造带。它不仅两侧地层分布差异大, 沉积相带变化快, 而且构造复杂, 形成了该区特殊的石油地质条件。

(一) 构造特征

中侏罗世至晚白垩世, 时值太平洋板块向亚洲板块强烈俯冲, 导致大陆边缘燕山地槽回返褶皱, 华北地区的壳幔受到强烈的挤压, 地幔物质相对集中地区温度增高, 体积膨胀, 对地壳产生强大的底辟作用, 因而在渤海湾地区形成三条地幔隆起带, 聊城—兰考地幔隆起带就是其中之一。随着地幔继续上隆, 导致华北地台的解体, 兰聊断层亦产生。

兰聊断层形成初期, 表现为压剪性特征, 与东濮凹陷的近南北向压性构造、东西向张性构造、北西向剪性构造相配套。晚白垩世以后, 由于地壳热衰减而产生的冷缩, 东西向挤压力被 $N30^{\circ}W-S30^{\circ}E$ 拉张力所代替, 上述配套断层的性质各向其反面转化, 兰聊断层成为一条追踪性拉张断层^{*}。早第三纪时期变为同沉积断层。

兰聊断层是一条切割到硅镁层的深大断裂。它纵贯全区, 呈 NNE 方向展布, 倾向 NWW, 倾角 $35^{\circ}-60^{\circ}$, 长逾 140 km。基底 (奥陶系顶面) 断距以中间为最大, 达 7380—8780 m; 向南、北两个方向变小, 为 4890—6370 m。兰聊断裂带自北而南可划分为三个不同的构造区段 (图 1)。

北区大致位于毛岗以北, 其上升盘为入字型构造发育区, 由一组 NE 向基底断层与 NNE 向兰聊断层相交而成, 形成 NE 向的构造带。每一个构造带向 NE 方向抬起、变宽, 向 SW 方向交于兰聊断层而消失。下降盘临近濮城生油次洼, 早第三纪地层向西倾斜, 依附兰聊断层发育有白衣阁、毛 1 号和毛 2 号三个鼻状构造。中区位于毛岗与东明集二台阶之间, 上升盘抬升幅度较大, 缺失上古生界、中生界和下第三系, 上第三系馆陶组不整合于奥陶系之上。主要构造线与兰聊断层近似平行, 圈闭类型以残丘 (山) 为主。下降盘临近前梨园生油深次洼, 靠近兰聊断层发育有前 1、前 2 号、乔良屯断鼻和白庙构造。南区上升盘包括东明集二台阶和潜山带两个构造单元。东明集二台阶, 夹持在兰聊断层和兰聊东断层之间, 由多条 NE 向的正断层形成垒堑相间的雁列构造, 高点一般位于每个构造的东北面, 在

* 欧阳沙怀, 东濮坳陷 (地洼) 下第三系构造演化特征及其对油气藏的控制作用, 1984。

南北方向上为南高北低, 北面下第三系厚度大, 向南逐渐减薄或尖灭。其东侧为潜山带, 发育多个残丘山。下降盘临近葛岗集生油次洼, 靠近兰聊断层发育有新庄、裴子岩鼻状构造。

(二) 兰聊断层两侧地层分布与接触关系

早第三纪时期, 由于兰聊断层的强烈活动, 导致上升盘和下降盘地层分布差异大和严重错位。下降盘地层层序齐全。下古生界寒武、奥陶系以碳酸盐岩沉积为主, 厚度 1000—1280 m, 最大埋深超过 8500 m, 上古生界石炭二叠系为泥岩与砂岩互层夹煤层, 为煤成气源岩, 厚度约 800 m, 最大埋深逾 7700 m。中生界发育一套河流相的红色砂泥岩地层, 最大厚度 800 m, 最大埋深 7000 m 左右。下第三系沙河街组三段、一段暗色砂泥岩和岩盐地层较发育, 是东濮凹陷两套主要生油层系, 最大厚度 4000 m 左右; 四段、二段和东营组主要为泛滥盆地和河流相的红色砂泥岩互层, 厚度约 2000 m, 其上被上第三系覆盖。

兰聊断层上升盘缺失中生界和石炭、二叠系, 上第三系馆陶组直接覆盖在奥陶系之上。奥陶系顶面一般埋深 1100—1300 m。在中区, 下古生界一般与下降盘沙一段生油岩和东营组、上第三系馆陶组接触, 而太古界的片麻岩与沙三段生油岩接触 (图 2, 5)。

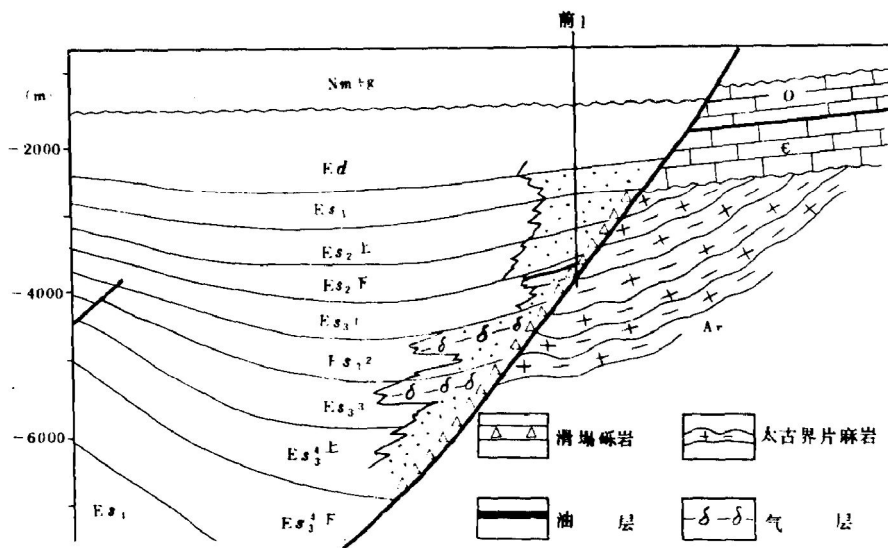


图 2 兰聊断裂带中区地质结构剖面图

东明集二台阶上缺失中生界, 下第三系不整合在石炭、二叠系之上。分布有沙三段一亚段及其以上地层, 最大厚度约 800 m, 不具生油能力。早古生代地层保存较好, 奥陶系顶面埋深 2100—3100 m, 一般与下降盘沙三段生油岩接触 (图 3)。

毛岗入字型构造带上, 低部位保留少部分中生代地层, 早第三纪地层受构造影响, 沉积较薄, 总厚度约 1000 m 左右。其中沙三段厚 600 余米, 具有较好的生油能力。向高部位上述中新生代地层迅速减薄或缺失, 上第三系馆陶组不整合于下第三系东营组、中生界和古生界石炭二叠系、奥陶系之上。值得指出的是构造低部位的下古生界直接与下降盘沙三段生油岩对接, 对勘探较有利。

(三) 两种类型储层

1. 下降盘砂岩储层 由于特殊的构造位置和兰聊断层的强烈活动, 导致上下盘之间古地

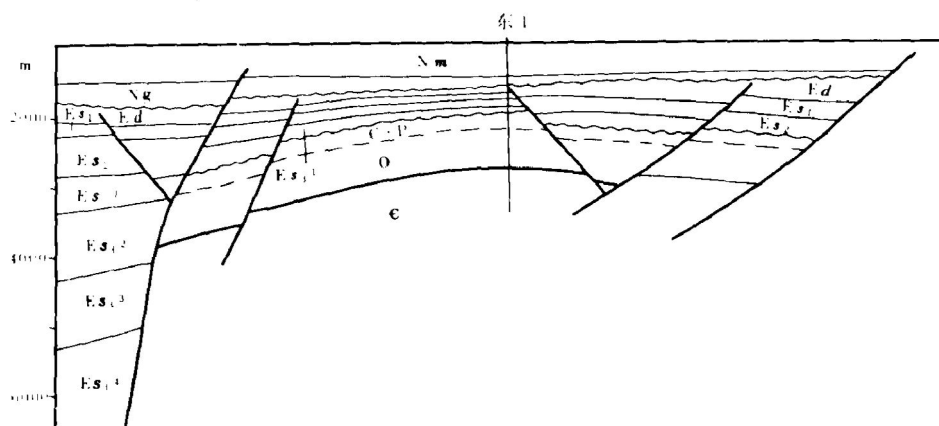


图3 东明集二台阶(断阶带)地质结构图

貌差较大。上升盘的中生界和石炭二叠系砂泥岩地层,经过长期风化剥蚀后产生大量的碎屑物质,在暴雨季节极易沿山谷搬运入湖,形成近岸水下扇,沉积在山谷入湖处和深水区。通过地震资料岩性解释和钻探证实,兰聊断层下降盘发育12个大小不等的扇体(图4)。其内扇岩石成分主要以砾岩、砾状砂岩和砂砾岩为主,含杂基较多,分选程度极差;地震反射常以杂乱相或无反射为特征。中扇一般接近深湖区,辫状水道发育,岩石成分以含砾砂岩和中—粗粒砂岩为主,具正递变,块状平行层理,分选程度一般中—好。但由于埋深较大(3500 m以下),储层物性一般为中等—差。如白庙砂三段—亚段,孔隙度6.52%—18.2%,渗透率 0.8×10^{-3} — $137.7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;沙三段—亚段孔隙度9.53%—13.3%,渗透率 0.88×10^{-3} — $1.89 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。外扇分布于深水区,常以中薄层粉砂岩出现,与深灰色泥页岩互层;储层物性差,一般孔隙度为6%—8%,渗透率在 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以下。

2. 上升盘碳酸盐岩储层 兰聊断层上升盘主要发育碳酸盐岩储层。通过多口井取芯资料证实,奥陶系碳酸盐岩在地史中经过了长期的风化剥蚀及淋滤作用,溶孔、溶洞较发育,加上兰聊断层长期强烈活动,岩体受到强大的动力作用,产生了大小不等、形状不同的裂缝,既形成了油气运移通道,又增加了储集空间。另外据毛4井取芯分析,泥晶方解石、生物碎屑颗粒内,豹皮灰岩中晶间微孔隙较发育,孔径0.02—0.06 μm 。

目前,在该带上凡钻到下古生界的探井,均发生过多井漏,少则几立方米,多则千余立方米。也间接地证明了该带碳酸盐岩储集空间较发育。

(四) 油气运移通道较好

据山东省地矿局的地震资料,1502—1911年,兰聊断裂带曾发生过五次5—5.9级地震,1983年11月又发生过5.9级地震。说明该断裂是一条近期仍在强烈活动的断层。

兰聊断裂带作为负向单元(东濮凹陷)和正向单元(鲁西隆起)的连接带,成为油气运移的通道。即凹陷中生成的油气沿着断层或向上运移,进入上部地层或地表,或者侧向运移聚集在对接的古潜山圈闭中。目前在上升盘的老地层中,已多处见到油流或油气显示。经毛4井奥陶系古潜山油藏的原油油源对比,证明油气来源于凹陷的下第三系,说明兰聊断层对油气运移有利。然而也不排除在某些部位,由于兰聊断层活动相对较弱,或者两盘地层岩性的差异,对油气也会起到一定的封堵作用。

另外,该带发育多个水下扇砂体,均由东向西展布。其中扇位于下降盘陡坡带的中、低

部位,外扇一般分布在东部洼陷带的中心部位,均夹在沙三段生油岩之间,且都有一定倾斜度,故既有利于储存油气,亦有利于油气向东运移至兰聊断裂带和各种圈闭中,形成油气藏。所以,该带的油气运移条件较好。

(五) 油气源分析

兰聊断层两侧,不仅有下第三系油气源,而且还有石炭、二叠系煤成气源。

1. 下第三系油气源 前面已提到,兰聊断层两侧临近东部洼陷带。濮城、前梨园次洼是东濮凹陷早第三纪继承性发育的深洼陷,沙三段和沙一段生油岩发育,属于最好的生油洼陷;葛岗集次洼是早第三纪早期下沉,晚期稍有抬升的洼陷,沙三段生油岩发育,属于较好的生油洼陷。根据辛茂安等人对东濮凹陷下第三系生油层油气资源评价结果,兰聊断层下降盘石油资源量数千万吨,天然气(油成气)资源量数十亿立方米*。

2. 石炭二叠系煤成气资源 据白庙构造已知气藏天然气组分分析,甲烷含量一般在90%以上,甲烷/重烃系数多大于10,最高达41.42**;而位于白庙西面的桥口构造天然气甲烷含量一般则小于80%,甲烷/重烃系数为3.69—4.07。从天然气稳定碳同位素资料分析,桥口构造天然气 $\delta^{13}C_1$ 为-45.4‰—-40.03‰,而白庙构造天然气 $\delta^{13}C_1$ 值范围为-32.1‰—-34.9‰,平均为-34.2‰,比桥口构造高7%—10%。

据以上资料,一般认为白庙构造天然气中富集了一定比例的煤成气,导致甲烷比例和甲烷 $\delta^{13}C_1$ 值增高。根据辛茂安等***对生油资源量评价结果,白庙构造油成气资源量仅为数十亿立方米,还不及该区已上报的探明天然气地质储量的四分之一,亦说明白庙构造煤成气所占比例很大。

钻井揭示,兰聊断裂带石炭纪煤系分布广泛,煤层厚度比东濮凹陷其它地区厚1—3 m。因此,该带具备了较丰富的煤成气气源岩。

三、含油气圈闭的主要类型

兰聊断裂带通过16年的钻探和研究工作,在下盘已有较

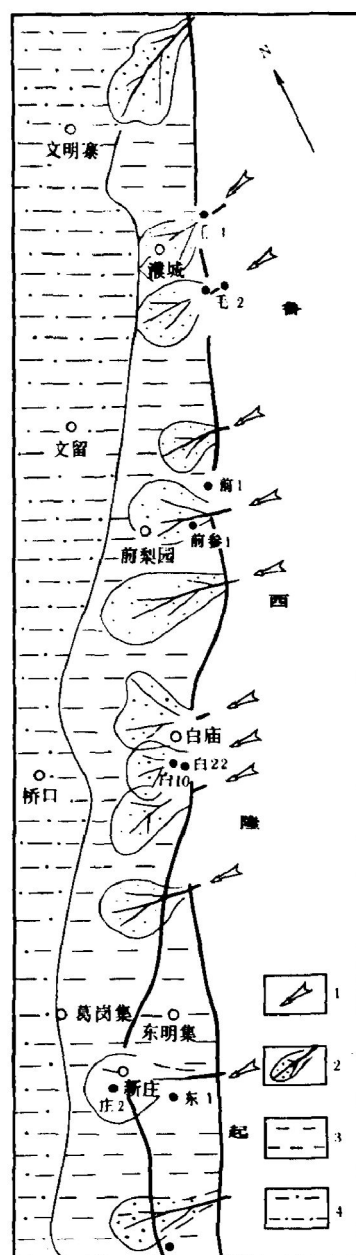


图4 兰聊断裂带沙三段沉积环境图

1—物源, 2—水下扇, 3—深湖区, 4—半深湖区

* 辛茂安, 黄飞等. 东濮凹陷生油层油气资源评价及方法研究. 1991.

** 许化政, 袁政文. 东濮凹陷桥口—白庙含气区地质特征、天然气富集因素及勘探. 1989.

*** 辛茂安, 黄飞等. 东濮凹陷生油层油气资源评价及方法研究. 1991.

大的发现,上盘毛岗入字型构造低部位的古潜山圈闭中获得少量油流。详细分析研究这些含油气圈闭,不难发现各含油气圈闭的主要类型。

(一) 下降盘基底抬升形成的断鼻构造

白庙构造位于兰聊断层下降盘的中部。始新世早期,由于NNE走向、西倾的杜寨断层的产生,使上升盘基底断块翘起,形成基底台阶(图5)。而后杜寨断层继续活动,控制了沙三段及其以上的地层沉积,形成了继承性的断鼻构造,对油气有较好的控制作用。白庙构造圈闭面积较大, T_1 (沙三段一亚段底)和 T_2 (沙三段二亚段底)的面积都在45 km²以上,闭合幅度200—300 m,是一个比较理想的含油气构造。它位于前梨园次洼和葛岗集次洼之间,既有自身的沙三段生油层,又有上述的两个生油次洼供油,还有下部的石炭二叠系煤成气气源供气,所以油气源条件较好。它的东侧存在三个小物源,砂岩储层较发育,砂岩百分比一般在20%以上。上述诸方面形成了白庙构造有利的石油地质条件,造成了该构造油气富集。已发现沙二段下亚段、沙三段一亚段、二亚段、三亚段四个含油气层系,探明天然气地质储量数十亿立方米;控制及预测石油地质储量数百万吨。

白庙南面的乔良屯鼻状构造具有同白庙构造相似的特征和构造演化史,只要坚持勘探,找到一定的油气地质储量是有希望的。

(二) 翘起端被滑塌砾岩体封堵的断鼻构造

由于兰聊断层长期发育,剧裂活动,在其下降盘形成一系列的正牵引断鼻构造。按成油条件分析,它们都位于有利的生油气次洼边缘,油源条件较好;临近物源区,储层较发育,当然都有利于油气聚集。但从近几年的钻探证实,不是所有的断鼻构造都有油气富集,含油气的只是少数。为什么会出现这种情况呢?根本原因是由于兰聊断层多期活动,对油气不起封堵作用造成的。目前,已发现的含油气断鼻圈闭靠近兰聊断层一侧,均有碳酸盐岩滑塌砾岩体封堵。这种滑塌砾岩是在兰聊断层强烈活动时,上升盘边缘的岩体和物质沿着断层面滑落下来,顺坡堆积在断层面附近形成的。白22井距兰聊断层500 m,在沙三段上部钻遇394.5 m砾岩层,于3502.96—3509.0 m井段取芯证实为无序的砾岩或基质支撑角砾岩,主要为灰岩砾石,不含油气。在其西侧不到1 km处打白10井,在同层位钻遇一层厚14 m的水下扇中扇砂岩,饱含气,试气获得初产数十万立方米(图5)。这一事实充分证明滑塌砾岩体对油气封堵性较好。

前1号含油构造是一个典型的依附在兰聊断层上的断鼻构造,有南北两个高点。北高点在 T_3 (沙二段下亚段底)和 T_1 (沙三段一亚段底)构造图上,圈闭面积分别为2.82 km²和4.12 km²。闭合幅度都为200 m,是一个比较理想的圈闭。前1井钻在北高点上,于沙三段一亚段中部获得工业油流。同时在断层面上钻遇36 m厚的砾岩层,测井密度曲线与下古生界碳酸盐岩接近,在地震剖面上呈较短的强相位反射。说明在前1号断鼻翘起端存在一套碳酸盐岩砾岩体,遮挡油气形成有效圈闭(图2)。

毛1号断鼻构造, T_3 层构造图上圈闭面积2.25 km²,闭合幅度100 m,成油条件与前1号圈闭一样有利。但经毛1井钻探后未发现任何油气显示,也未发现有碳酸盐岩砾岩体存在,地震剖面上也不显滑塌砾岩层的特征。说明断鼻翘起端封堵条件不好,未能形成有效圈闭,因此不含油气。

(三) 生物礁

毛岗入字型构造带的中低部位有下第三系沉积,高部位缺失。在沙三段灰色泥岩中发现

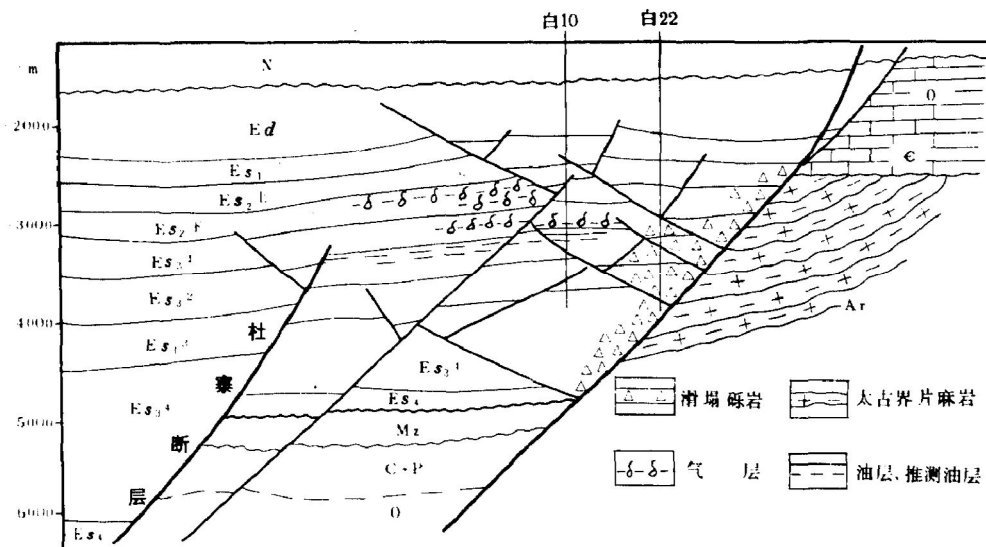


图5 白庙构造油气藏剖面图

有礁灰岩,埋深 1300—1800 m,位于 10 m 厚的砾岩层上面。在地震剖面上出现两个强相位反射,其上、下均为中—弱振幅反射。毛 2 井钻在该礁体的低部位,厚 40 m。岩芯不含油,呈浅灰白色,孔洞很发育,是较好的储集体。经我院化验室魏美田鉴定,山东大学教授戈亚生复核,认为是中国枝管藻灰岩^[2]。中国枝管藻灰岩在渤海湾下第三系已有发现,如东营凹陷平方王油田。

毛岗礁灰岩分布面积 5.1 km²,有利圈闭面积 2—3 km²,闭合幅度 200 m。该礁体西面临近濮城生油次洼,油源条件较好;东面有断层和地层尖灭线控制。推测在该礁体的高部位可能找到礁灰岩油藏,在下第三系尖灭线附近的构造高部位可能找到构造—地层圈闭油藏。南部的东明集二台阶具有类似的环境条件,也可能找到这种礁灰岩油藏。

(四) 地层—构造圈闭

东明集二台阶位于兰聊断裂带南部。它发育较晚,大约在始新世末期才开始形成,台阶上沉积了沙三段—亚段及其以上地层。沙三段—亚段沉积前,二台阶上的古地形大致为东高西低,南高北低,沙三段—亚段自北向南、向东超覆在石炭二叠系之上(图 3),地层尖灭线位于东 1 井附近。在其以北形成地层—构造圈闭,有利的油气聚集部位可能位于二台阶北面的中低部位。

(五) 上升盘低部位的古潜山

该区的古潜山圈闭广泛分布在二台阶、入字型构造和兰聊断层上升盘其它部位。前二者目前已钻到奥陶系潜山的探井有 9 口。其中有 5 口井见到不同程度的油气显示,均位于东明集二台阶和毛岗入字型构造带的低部位。低部位一是与下降盘沙三段生油岩对接或者略高于生油岩;二是上覆石炭二叠系煤系盖层条件较好;三是处在断层交汇处,大小裂缝较发育,因地下水侵蚀、淋滤作用,溶孔、溶洞发育,产生了较发育的储集空间,有利于油气聚集。毛 4 井就位于兰聊断层与杨集断层交汇部位,具备了上述三个条件(图 6),已在奥陶系古潜山中获少量油流。

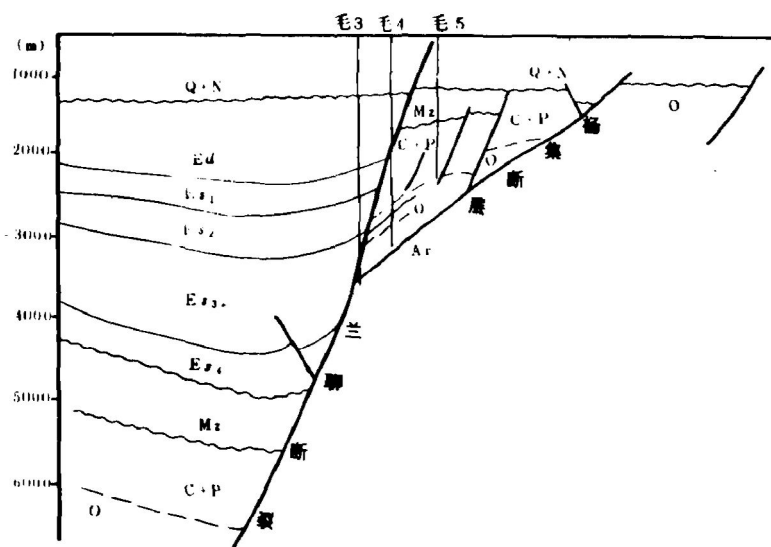


图6 毛岗地区潜山构造剖面图

上升盘其它潜山均为奥陶系残丘山,大小山头约40个,圈闭总面积130 km²以上,闭合幅度一般为50—100 m,最大不超过300 m,这些古潜山圈闭在空间上多数离沙三段生油岩较远,油源条件不好,难以形成油藏,如高1井,钻在白庙东面约2 km,尽管山头较高,圈闭条件好,但未发现任何油气显示。只有靠近兰聊断层、上覆馆陶组、有泥岩盖层的高山头(闭合幅度大于200 m),因油气可沿断层面运移上来,才会形成油气藏。

中区上升盘内幕太古界片麻岩古潜山,在剖面上一般与沙三段生油岩侧向对接,或者其顶界略高于沙三段生油岩(图2),易于捕获油气,最有利的位罝应在兰聊断层断距最大处前1井的东侧。

参 考 文 献

- 1 杨中健,杨瑞琪等. 东营凹陷下第三系水下冲积扇地层油藏. 石油与天然气地质, 1983, 4 (1): 45—52
- 2 戈亚生. 济阳坳陷早第三纪的两次海浸及其后的地质演化. 山东地质, 1985, 1 (2): 40—51

PETROLEUM GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND HYDROCARBON TRAP TYPES OF LANLIAO FAULT BELT

Wang Xinyun Zhang Yamin

(Institute of Petroleum Exploration and Development, Zhongyuan Oilfield, Puyang, Henan)

Abstract

Lanliao fault belt on the east margin of Puyang Depression is a tensile fault belt formed in Yenshan Epoch. The belt, being 140 km long and 6—8 km wide, is situated close to a deep-depressed oil-generating belt in the west and the Luxi Uplift in the east. Most of the Mesozoic and Upper Paleozoic are absent in its upper wall, but sediments of various

geological times are well preserved on its foot wall. The 3rd member of the Neogene Shahejie Formation is the main source rock. Along the fault belt, a lot of nose structures and subaqueous fans developed on the footwall, and buried-hills and bioherms on the upper wall. Hydrocarbon could be found on both walls.

The main types of hydrocarbon traps in the study area are faulted-nose structure formed by basement uplift of the footwall, fault-nose resulted from the slope of slumping conglomerate on steep slope, bioherm, structural-stratigraphic trap and buried hill.

干石油 用石油 离不开

《石油知识》

欢迎订阅 欢迎赐稿 欢迎刊发广告

《石油知识》是以“宣传改革开放国策,普及石油基础知识,传播石油科技信息,提高职工业务素质,促进石油工业发展”为办刊宗旨的全国唯一综合性石油科普期刊。内容丰富,栏目多彩,全方位、多层次地介绍石油、石化知识,是它的鲜明特色。它的内容,覆盖了石油工业上下游(包括石油的勘探、开发、储运、炼制、石油化工,石油商情,石油产品及其应用。石油春秋,石油人物)各个领域的实用科技基础知识,边缘学科的高新理论、技术知识,具有较强的指导性、实用性、知识性。在表现形式上,《石油知识》力求深入浅出、通俗易懂、生动活泼,寓科学性、知识性于可读性、趣味性之中,已初步形成自己的风格。1992年,《石油知识》获得辽宁省优秀科技期刊二等奖。

《石油知识》刊号: $\frac{\text{ISSN}1003-4609}{\text{CN}21-1090/\text{TE}}$, 16开48页,单月末出版,国内外公开发行,每期单价1.50元。国内自办发行,订户可凭本刊订单直接汇款至编辑部随时订阅。国外发行代号:BM-4072,总发行:中国国际图书贸易总公司(北京399号信箱)。凡订阅本刊50份以上的集体订户,每份致酬发行服务费1元。本刊经营广告业务,广告经营许可证:盘广字—009号。

本刊地址:辽宁省盘锦市兴隆台

邮政编码:124010

电话:(04271)720845、722151

开户银行:辽河油田建设银行

帐号:26190161