

东濮凹陷兰聊断裂带构造演化与油气勘探

张亚敏, 吕延仓, 徐林丽, 王世坤, 邹森林, 宋 静, 王婧韞

(中原石油勘探局勘探开发科学研究院, 河南濮阳 457001)

摘要: 东濮凹陷兰聊断裂带的形成演化可分为两个时期 5 个阶段, 即中生代、新生代时期和挤压、初裂、强裂、萎缩、余动阶段。兰聊断裂带油气圈闭类型多, 根据油气地质特征、圈闭所处位置、遮挡条件和产状等, 可分为鼻状构造和半背斜构造、上翘物性遮挡岩性圈闭、潜山圈闭、礁体圈闭、地层不整合圈闭、地层超覆圈闭、古河道岩性圈闭及推覆构造圈闭 8 种类型, 而油源丰富、油气运移条件好、通道多及水下扇砂体和构造控制则是油气聚集的主要因素。

关键词: 构造演化; 圈闭类型; 油气控制因素; 兰聊断裂带; 东濮凹陷

第一作者简介: 张亚敏, 男, 38 岁, 高级工程师(硕士), 地质

中图分类号: P618.130.2 文献标识码: A

东濮凹陷兰聊断裂带 1976 年开始地震勘探, 1988~1990 年先后在白庙、毛岗等地区进行了三维地震勘探。目前, 共钻探井 59 口, 获油气流井 20 余口, 油气显示井 10 余口。在下降盘已发现白庙油气田, 控制并探明了多于 2×10^4 t 的油气储量, 前梨园构造也获工业油流; 断阶带上, 毛 4 井在灰岩潜山中首次获油流; 上升盘多井亦见油气显示。该带是油气勘探的有利地区。

1 兰聊断裂形成演化

兰聊断裂带东西向上可分成三个次级构造亚带, 即陡坡带、断阶带和凸起带(图 1)。陡坡带指下降盘东洼轴线到主断层, 局部构造发育; 断阶带位于断裂分叉处, 二断层所夹持的地带, 是凸起和凹陷的过渡部位; 凸起带处于断裂上升盘的隆起上, 基底埋藏浅, 上第三系直接覆盖在奥陶系之上。

兰聊断裂的形成演化可分二个时期即中生代、新生代, 从各期石油地质特征看, 大致经历了挤压、初裂、强裂、萎缩和余动 5 个阶段。

1.1 挤压阶段(Mz)

中生代时期, 从晚三叠世开始大约止于古新世末, 经历了印支、燕山运动, 其力源主要来源于联合古陆解体时出现的欧亚板块作顺时针旋转^[1], 与太平洋板块向 NNW 方向运动^[2], 二者之间产生的剪切应力, 在该区造成了近南北向的左旋剪切应力

场, 其派生的 NW-SE 向水平挤压, 使本区整体抬升, 缺失三叠系以后的侏罗系、白垩系及第三系古新统。此时期在东濮凹陷东界产生了东倾的逆冲断裂即新罗逆断层^[3], 使寒武、奥陶系等老地层推覆在石炭、二叠系之上, 形成推覆构造, 有可能找到新类型的油气藏。

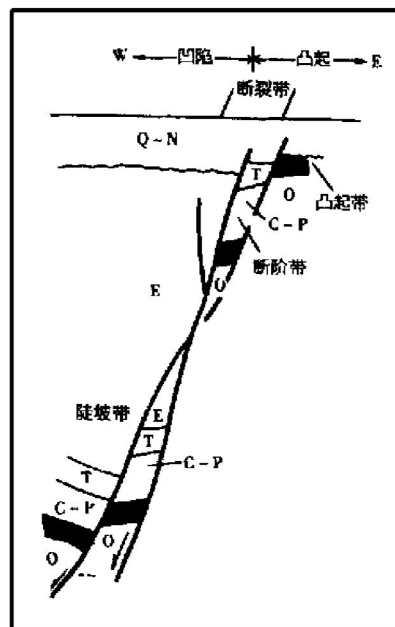


图 1 兰聊断裂带结构示意图

Fig. 1 Sketch map of Lanliao fault belt

1.2 初裂阶段(Ek-Es₄)

第三纪时期, 从始新世开始至今, 经历了喜山期构造运动, 表现形式主要是强烈的水平拉张和差异升降。反映该时期的演化进入另一种构造运动体制, 这种体制一方面是印度板块与欧亚板块碰撞后继续向北推进产生的右旋剪切作用; 另一方面是

欧亚板块与太平洋板块之间的关系,由原来的左旋剪切作用改变成了相对仰冲和俯冲运动,在俯冲带前方的弧后地区产生的扩张作用,因而在该区产生了近南北向的右旋剪切兼拉张应力场^[4],造成 NW-SE 方向的拉张。在孔店、沙河街组四段时期,西倾的兰聊断裂开始发育,并进入初裂阶段,控制了孔店、沙河街组四段沉积。上升盘地层缺失,下降盘厚度约 600 m,为一套漫湖相砂泥岩沉积建造。

1.3 强裂阶段(E_{s3})

沙河街组三段时期区域应力场处于强烈拉张阶段,水平拉张量和垂直差异升降量都很大,以前梨园段拉张、下降幅度最大。下降盘沉积地层约 4 000 m,向南北均变薄,并形成濮城、前梨园、葛岗集和固阳等几个深湖区,成为该区主要的生油洼陷。洼陷区沿兰聊断裂呈串珠状分布一系列水下扇砂体,形成了丰富的深层气藏。

1.4 萎缩阶段($E_{s2}-E_d$)

渐新世随着区域拉张应力的逐渐减小,兰聊断裂的垂直差异升降幅度变小,湖盆发生萎缩,湖水急剧退缩、变浅。在下降盘堆积一套以漫湖相、河流相为主的红色砂砾岩和泥岩,储层十分发育。东营末期,受华北运动 II 幕的影响,本区整体抬升,造成上、下第三系之间角度不整合接触。

1.5 余动阶段(N-Q)

晚第三纪、第四纪至今,兰聊断裂仍有活动,但幅度很小。在地震剖面上,兰聊断层上断开第四系反射层同相轴。据历史记载:公元 1502~1948 年间兰聊断裂附近曾发生过 5 次 5~7.9 级地震,1983 年又发生了 5.9 级的地震,小于 5 级地震多次发生。可看出兰聊断裂是一条活动时期长,活动强度不均衡的深大断裂。它控制了东濮凹陷的形成和演化,也决定了该带的圈闭规模、类型和油气聚集的富集程度。

2 油气圈闭类型及其控制因素

2.1 圈闭类型

兰聊断裂带油气圈闭类型众多,依圈闭所处位置、遮挡条件、产状等,将其划分为 8 种类型。

2.1.1 鼻状构造或半背斜构造

分布在下降盘,靠近主断裂,多被小断层切割成许多小断块,构造幅度 100~250 m,圈闭面积为 3~5 km²,最小面积为 0.9 km²,最大面积为 50 km²。目前已发现 12 个局部构造,其中前梨园、毛岗、新庄等 3 个已获工业油气(图 2)。

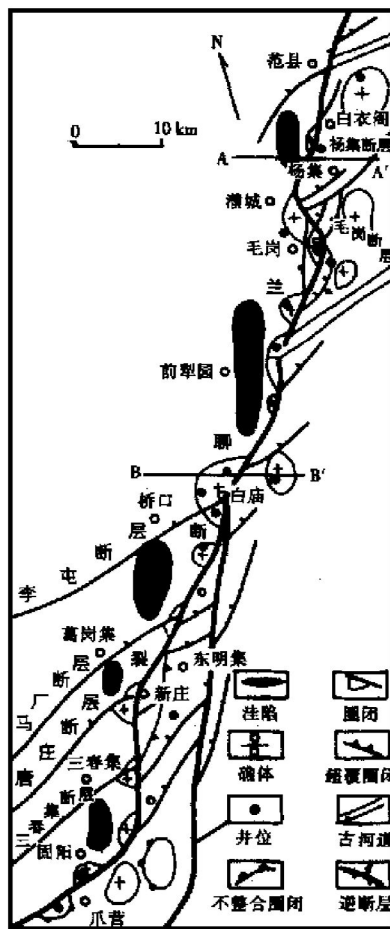


图 2 兰聊断裂带构造及圈闭略图

Fig. 2 Sketch map of structures and traps in Lanliao fault belt

2.1.2 上翘物性遮挡岩性圈闭

沿下降盘发育了一系列呈串珠状分布的近岸水下扇砂体,在靠近大断裂附近的扇根中,形成了内含大量的泥质、灰质杂基及砾石与泥砾混杂的致密塌积物,构成上翘遮挡条件。向盆地内延伸的水下扇中砂体是良好的储集体,往往在鼻状构造背景上形成了上翘物性遮挡圈闭,如白庙构造沙河街组三段油气藏(图 3),富集程度较高,控制石油地质储量逾 200×10^4 t。在下降盘一些水下扇的扇中,扇端伸入洼陷区,造成向西上翘尖灭,在构造条件配合下,在深层形成构造岩性气藏,前梨园洼陷南部的濮深 12 井于沙河街组三段获高产气,单层气层厚 28 m,压力系数为 1.73,即属此类型。

2.1.3 潜山圈闭

可分二类,一是断块潜山,二是古地貌潜山圈闭,断块潜山分布在断阶带上,由于近生油洼陷,呈顺倾向断面供油方式,油源条件较好,上覆石炭二叠系为盖层,具有较好的成藏条件,如毛 4 井潜山油藏(图 4),储集空间以构造裂缝为主,次为溶蚀

缝洞, 裂缝发育程度受断裂作用、岩性以及沿断面地下水溶蚀作用影响, 越靠近大断裂裂缝越发育。

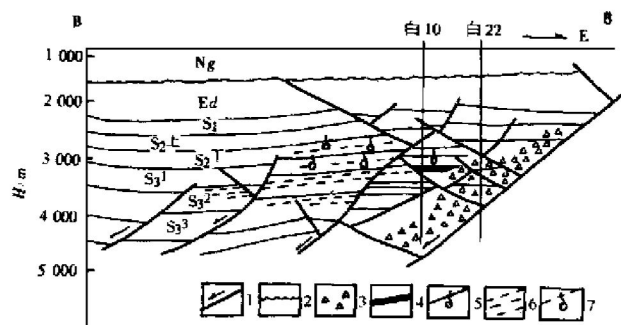


图3 白庙地区 Line162 油藏剖面图

Fig. 3 Profile of oil pools along Line162 in Baimiao region

1—断层; 2—不整合; 3—垮塌砾岩; 4—油层;
5—气层; 6—推测油层; 7—推测气层

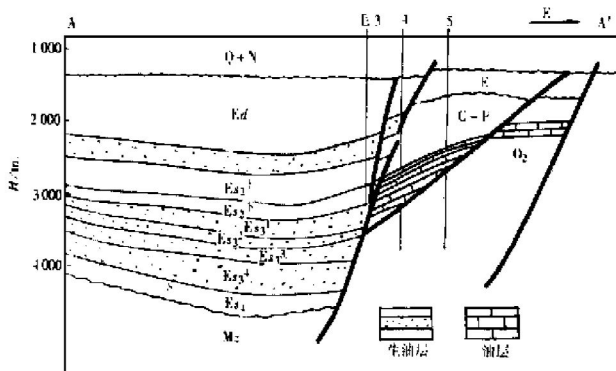


图4 毛4井潜山油藏横剖面图

Fig. 4 Cross section of buried hill oil pool in Maor 4 Well

古地貌潜山圈闭位于上升盘凸起带上, 常常下面为古地貌潜山, 上覆上第三系形成披覆构造, 成为良好的兼探目的层。如毛岗古地貌潜山圈闭, 位于该带构造最高部位, 断面和不整合面成为油气运移的通道, 形成浅层油气藏。

2.1.4 礁体圈闭

发育在毛岗断阶带上, 低部位的毛2井在沙河街组三段见到40多米含中国枝管藻的生物灰岩, 缝洞十分发育, 地震反射特征为强振幅、低频连续反射的二个强相位。其分布面积5 km², 再往高部位勘探有希望找到礁体型油气藏(图2)。

2.1.5 地层不整合圈闭

东营末期强烈的构造运动使凸起部位的顶部地层遭受不同程度的剥蚀, 后被上第三系局部泥岩层等不渗透层覆盖, 形成地层不整合圈闭。爪营地区兰古1井地层不整合油藏, 在上第三系不整合之下的沙河街组四段中见油层, 日产50 t; 爪东地层不整合圈闭(图2), 储层为沙河街组四段砂岩, 上覆明化镇组泥岩(开5井)为盖层, 地层尖灭线与构造线形成圈闭, 其下倾方向近固阳生油洼陷, 有利

于形成不整合油气藏。

2.1.6 地层超覆圈闭

在断阶带上, 沙河街组三段上部地层自西向东超覆在石炭、二叠系之上, 地层尖灭线与构造线平面上交切闭合, 形成地层超覆圈闭, 如东明集地层超覆圈闭(图2), 具有良好的顶底板封闭条件, 下倾部位临近葛岗集生油洼陷, 具有形成地层超覆油气藏的条件。

2.1.7 古河道岩性圈闭

下第三系沉积时期, 强烈断陷作用使兰聊断裂上、下盘地形高差很大, 在上升盘形成一系列下切基底的山谷古河道, 并且在下降盘洼陷中形成对应的沉积砂体, 自北向南为范县、杨集和毛岗南古河道(图2), 其分布面积均在35 km²以上, 有可能形成与古河道砂体有关的小型油藏。

2.1.8 推覆构造圈闭

在上升盘, 东倾的新罗逆冲断层使寒武、奥陶系等老地层推覆在石炭二叠、中生界之上, 形成推覆构造圈闭, 如毛岗推覆构造圈闭。罗1井钻遇这类构造, 石炭二叠系的砂岩储集性能好, 靠近油源, 保存条件独特。在老地层内幕这种圈闭的存在, 就有可能在变质岩和岩浆岩之下发现新油气田。

2.2 控制因素

2.2.1 临近深洼, 油源条件好

陡坡带内侧是箕状断陷盆地下陷最深、烃源岩最发育、转化条件最好的部位。东濮凹陷东部洼陷区自北向南依次发育了濮城、前梨园、葛岗集(南、北)和固阳洼陷, 主要是沙河街组三段烃源岩, 由深灰色的泥岩、油页岩组成, 生油岩厚度大于1 000 m, 最大埋深大于6 000 m, 有机质类型I-II₁型, 有机碳为0.8%~3.5%。该洼陷区的资源量占盆地资源量的65%以上, 具有丰富的油源条件。

东濮凹陷在沙河街组三段非补偿性沉积条件下, 发育了巨厚的暗色泥岩, 并导致大范围内的大段地层欠压实状态, 压力系数高达1.73(濮深12井)。因而, 油气运移动力条件好。陡坡带处于盆地强烈断陷部位, 该带及附近断裂发育、具有多期沉积间断和地层不整合以及众多水下扇体的分布, 所以断层、地层不整合及扇体内的孔隙成为陡坡带油气运移的主要通道。

2.2.2 水下扇砂体储层物性好

发育在陡坡带下部的水下扇砂体处于烃源岩包围之中, 油源丰富。沙河街组三段沉积时期的水

下扇,主要形成以花岗岩片麻岩为主要母岩的砂体,其岩性以含细砾砂岩、细砂岩为主,含灰质少,储层物性好,产能高,如濮深12井在4 760 m深度能获 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 高产。今年10月初完井的濮深15井,位于前梨园地区南侧,在4 100~4 965 m井段电测解释气层48 m,预示了该区深层气有较大的储量。有些扇体在靠近大断裂附近的根部,因物性变差,形成侧向遮挡油气藏如白庙油气田。

2.2.3 扇体与构造配置,成藏条件好

构造因素控制了扇体的展布,在边界断裂的弧形处,在兰聊断裂上升盘的古河道或低洼处对应下降盘都有扇体的分布,由于后期的沉积压实作用,这些扇体多形成鼻状构造,如前梨园地区前2井油藏,成为油气勘探的目标。另外,随着扇体的堆积加大和沿陡坡向上超覆叠置,在重力及后期构造运动等因素作用下,沉积地层沿基岩陡坡下滑,造成扇体根部陷落回倾,形成滚动背斜构造油气藏^[5]。

陡坡带各类油气藏上下叠置构成复式油气聚集带,呈规律性展布,在平面上,由洼陷中心向凸起带依次为深层岩性气藏-构造或岩性油气藏-地层超覆油气藏或地层不整合油气藏-礁体油气藏-古潜油气藏-高凸起古地貌潜山油藏或古河道砂体油藏。剖面自下而上为构造或岩性油气藏-地层油气藏-潜山油气藏-高凸起古地貌潜山或古河道油藏。

位于下降盘的油气圈闭最富集,断阶带富集程度较上升盘好,上升盘易找到稠油油藏。

3 油气勘探远景

兰聊断裂带临近濮城、前梨园、葛岗集和固阳

生油洼陷,油源条件好,据资源预测,该带剩余石油资源量为数千万吨,天然气资源量近百亿立方米。该带油气圈闭距生油洼陷最远不超过8 km,断面、不整合面成为油气运移的良好通道,将还有相当可观的油气储量在各类圈闭内发现。

目前,已发现局部构造12个,圈闭面积超过100 km²,潜山圈闭52个,圈闭面积约150 km²,还找到礁体圈闭5 km²,地层超覆圈闭18 km²,地层不整合圈闭多于10 km²,上第三系披覆构造近20 km²,古河道分布面积大于100 km²等,将成为老区挖潜的重要目标。深层岩性气藏,资源背景大,有较大的含气场面,可望成为东濮凹陷的主要接替领域。该带上、下盘勘探普遍见到油气显示,零星出油点多,油气圈闭十分发育,有一定的勘探远景。

参 考 文 献

- 1 Dietz R S, Holden J. Reconstruction of pangea: breakup and dispersion of continents, permian to present[J]. Jour Geophy Research, 1970, 75(6): 4 939~ 4 956
- 2 Uyeda S, Miyashiro A. Plate tectonics and the Japanese Islands: a synthesis[J]. Geol Soc America Bull, 1974, 85(4): 1 159~ 1 170
- 3 刘秋生. 内幕逆断块——东濮凹陷可能的油气勘探新领域[J]. 石油学报, 1989, 10(4): 14~ 17
- 4 赵重远, 刘池阳. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存[M]. 西安: 西北大学出版社, 1990. 22~ 29
- 5 潘元林, 孔凡仙, 杨申镛, 等. 中国隐蔽油气藏[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 67~ 76
- 6 李国玉. 论凸起找油[J]. 石油学报, 1986, 7(1): 23~ 28

STRUCTURAL EVOLUTION AND HYDROCARBON EXPLORATION OF LANLIAO FAULT BELT IN DONGPU DEPRESSION

Zhang Yamin Lü Yancang Xu Linli Wang Shikun
Zhou Senlin Song Jing Wang Jingyun

(Scientific Research Institute of Exploration and Development, Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Puyang, Henan)

Abstract: The formation and evolution of Lanliao fault belt in Dongpu Depression may be divided into two periods and five stages such as Mesozoic and Cenozoic Periods, and compression, initial fracture, strong fracture, shrinkage and after vibration stages. Hydrocarbon trap types in Lanliao fault belt are various. According to oil and gas geological feature, the location of traps, the screening condition and the occurrence, the trap types could be divided into eight kinds, i. e. the nose structure, half-anticline, the upwarping lithologic trap, buried hill trap, stratigraphic unconformity trap, the reef trap, the paleochannellithological trap and the nappe structural trap. Rich oil and gas source, favourable hydrocarbon migration conditions, the multi-passages, the subaqueous fan sandbodies and structure controlling are the major factors of hydrocarbon accumulation.

Key words: structural evolution; trap type; controlling factor for hydrocarbon; Lanliao fault belt; Dongpu Depression