

表1 东濮凹陷各级断层统计表

断层级别	T_3 (沙一段底)	T_6 (沙三 ¹ 底)	T_g (奥陶系顶)
I	1	1	1
II	5	7	8
IV+V	151	160	167
合计	157	168	176

注：数据引自东濮凹陷资源评价报告。

垒堑相间、南北分区的构造格局，致使同一构造单元不同地区的油气形成条件和富集程度差异较大，但总的来说，北部优于南部。

东濮凹陷经历了6个发展阶段，即（1）初陷期（ E_{s4} ），（2）深陷期（ E_{s3} ），（3）收缩期（ E_{s2} ），（4）缓慢沉降期（ E_{s1} ），（5）收缩期（ E_d ），（6）衰亡期（ N ）¹⁾。前5个发展阶段分别相应形成（1）泛滥湖泊和重力流沉积体系，（2）浅湖-深湖相泥页岩、石盐岩和浊流沉积体系，（3）滨浅湖-河流相沉积体系，（4）浅湖-半深湖相石盐岩、泥岩和三角洲沉积体系，（5）河流相红色碎屑岩沉积体系（图2）。在第1—2和第4阶段，分别形成了东濮凹陷第一套生油层（主要的）和第二套生油层（次要的）。第3、5阶段的河流相砂体和各个阶段中的重力流、三角洲等砂体都是主要的储集体（表2）。第2和第4阶段在凹陷北部沉积的石盐岩和膏岩，是良好的区域性盖层。

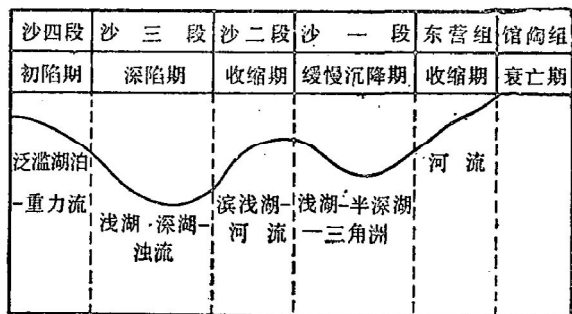


图2 东濮凹陷发育阶段与沉积类型关系示意图

二、油气藏的形成条件

早第三纪是东濮凹陷的主要发育时期，沉降幅度大，沉降速度快，沉积物厚度大，使该凹陷具有良好的生、储、盖、圈、运等条件。

（一）两大类生油区都具有极好—好生油岩

凹陷内生油条件优越。主要生油层为下第三系沙河街组四段上部、沙三段和沙一段，而石炭二叠系是煤成气型天然气的主要气源层。按生油层的有机地球化学特征，可划出两大生油区：（1）凹陷北部沙四段上部、沙三段和沙一段盐湖相沉积岩生油区：与盐、膏沉积有关的暗色泥页岩发育，蒸发岩也具有生烃能力。有机质残余丰度高，干酪根类型以腐泥型（I型）和腐殖腐泥型（II-1型）为主（表3）。生油门限深度约为2500 m，生油层最大埋藏深度可达8000 m，平均厚度约980 m。（2）凹陷南部半咸水-淡水沉积岩生油区：主要生油层为沙三、四段，埋藏深度2900—7400 m，平均厚度约1100 m，有机质热演化程度高（平均 $R_o=1.2\%$ ），而且排烃效率高，故残余丰度低（表3），

1) 齐兴宇等，1985，东濮凹陷资源评价。

表2 东濮凹陷下第三系地层简表

地 层				厚 度 (m)	岩 性 简 述	生储盖	沉 积 相
系	统	组	段				
上第三系 <							

表3 东濮凹陷下第三系有机质丰度、类型统计表

指 标		凹 陷 北 部		凹 陷 南 部	
		沙一段	沙三、四段	沙一段	沙三、四段
有机碳(%)		1.18 (147)	1.06 (641)	0.65 (130)	0.456 (656)
氯仿抽提物(%)		0.0973 (54)	0.1602 (235)	0.0697 (47)	0.0512 (136)
总 烃(ppm)		385 (17)	866 (137)	257 (29)	267 (87)
干酪根类型 (%)	I	—	25.7 (18)	—	12.5 (9)
	II-1	—	31.4 (22)	—	29.2 (21)
	II-2	—	18.5 (17)	—	16.7 (12)
	III	—	17 (24)	—	41.7 (12)

注：括号内数字表示样品块数。

干酪根类型, I型和Ⅱ-1型共占41.7%。沙一段成熟生油岩体积小(仅占12%), R_o 平均为0.57%。

(二) 储层发育, 物性一般较好

东濮凹陷下第三系沙河街组一、二、三、四段和东营组均有储集层, 并且都已获得了工业油气流(表4)。东营组和沙四段、沙三段第三岩性段储层发育, 而且分布于全区。其中东营组砂岩最发育, 储油物性最好。其他各段砂岩主要分布于凹陷周边, 凹陷内部不发育。总的来说, 沙河街组砂岩颗粒一般较细(粒径0.05—0.1mm, 属于粗粉砂岩), 较粗的砂岩仅在近物源地区可以见到。

表4 储层物性与含油性统计表

地 区	层 位	孔 隙 度 (%)	渗 透 率 ($\times 10^{-3} \mu m^2$)	含油性	砂 体 类 型
北 部	东营组	14.3—26.4	1.8—471	好	河流相、冲积扇
	沙一段	27.7—28.1	230—653	好	三角洲
	沙二段	18.5—27.5	19.8—457.4	好	扇三角洲、滩砂
		18.7—29.5	5.2—1283	好	河道砂、冲积扇
	沙三段	5.6—21.9	0.2—655	差—好	油 流
南 部	沙四段	4.2—18.5	0.2—134	差—中	席状砂
	沙一段	10.4—14.8	5—1000	中	三角洲、滩砂
	沙二段	10—17	0.2—50	中	辫状河道砂、冲积扇
	沙三段	4.4—16	0.2—594	差—中	三角洲、重力流

(三) 具有良好的盖层

东濮凹陷下第三系有两类盖层, 一是北部地区的区域性盐岩盖层, 二是南部地区的泥质岩盖层。

北部具有沙一下、沙三²、沙三⁴三套盐岩盖层, 在纵向上形成三套含油层系。上盖层由沙一下盐岩层和沙二上含膏泥岩组成, 分布面积510km², 厚度达300m以上。卫城、文留油田沙二下的产油层伏于其下面, 濮城油田沙二段油气层伏于沙一下盐岩层或泥页岩盖层之下, 形成上含油层系。中盖层由沙三²盐岩层构成, 分布面积425km², 最大厚度达200m。沙三³的产油层大都分布在其下面(仅濮城北部分布在盐层相变的泥页岩盖层之下), 形成中含油层系。下盖层为沙三⁴盐岩层, 钻遇最大纯盐层厚度407m, 分布面积515km²。文留沙四段的大气田就伏于其下面, 形成下含油组合。

南部泥质岩盖层, 主要为深湖—浅湖相的泥页岩, 沉积较稳定, 分布较广。目前桥口—白庙构造上发现的沙三³⁻⁴气藏都上覆有沙三²底部的泥页岩, 厚25—45m。而沙二下的油气藏则上覆有沙二上地层, 厚200—240m, 为一套浅湖相泥页岩夹少量(10%左右)砂岩, 是很好的盖层。马厂沙三²的油藏上覆有沙三¹底部的泥页岩, 一般厚14—26m, 最厚达50m。目前在凹陷南部发现的油气藏, 全部位于这些泥质盖层之下, 说明它们也是良好的盖层。

(四) 构造圈闭十分发育, 分布广

强烈的构造运动使得本区构造圈闭发育而破碎。历年来共发现下第三系局部构造64

个¹⁾, 其中沙一段底 (T_3) 圈闭面积 810.4 km², 沙三¹段底 (T_6) 896.34 km², 分别占凹陷面积的 15.3% 和 16.9%。这些局部圈闭主要分布于中央隆起带上, 但在凹陷周边斜坡带和断阶带也广泛分布。

已发现的构造圈闭, 主要是背斜、半背斜、断鼻、断块圈闭。其中断鼻、断块是本凹陷最主要的圈闭, 约占圈闭总数的 70%。此外, 通过钻探, 还发现了不少地层、岩性圈闭, 约占圈闭总数的 20%。目前东濮凹陷已发现 4 个类型 10 个亚类的油气藏。

(五) 油气运移通道畅通

东濮凹陷断层和储集层都较发育, 又有 N/E、E/Mz、Mz/C-P、C-P/O₂ 不整合面。因此, 油气运移有较好的通道。

渐新世末期, 构造运动使大断裂两侧地层大幅度抬升或下降, 火成岩活动使区域地温大幅度提高 (由磷灰石裂变径迹法求出东营期末古地温梯度为 3.66℃/100m)。成熟的沙三、沙四段生油层加速了油气生成过程, 油气在地层水中的溶解度也有所提高, 从而为大规模油气运移提供了条件。

凹陷中发育的各种砂体, 有利于烃类从生油层排出。卫城、濮城地区沙三、沙四上生油岩总厚度为 1200m 左右, 砂岩百分比为 20—40%。文留地区中央隆起带沙三段上部砂岩百分比为 24.1%。

本区生油岩初次运移系数较高, 根据粗略估计, 全区平均为 45%。

(六) 生储盖组合良好

1. 自生自储油气藏

自生自储油气藏在凹陷中广为分布, 生储盖组合主要有以下两种形式:

(1) 互层式:

沙四、三段为盆地初陷到深陷阶段沉积岩。在这一时期, 湖水由浅到深, 湖面由小到大, 沉

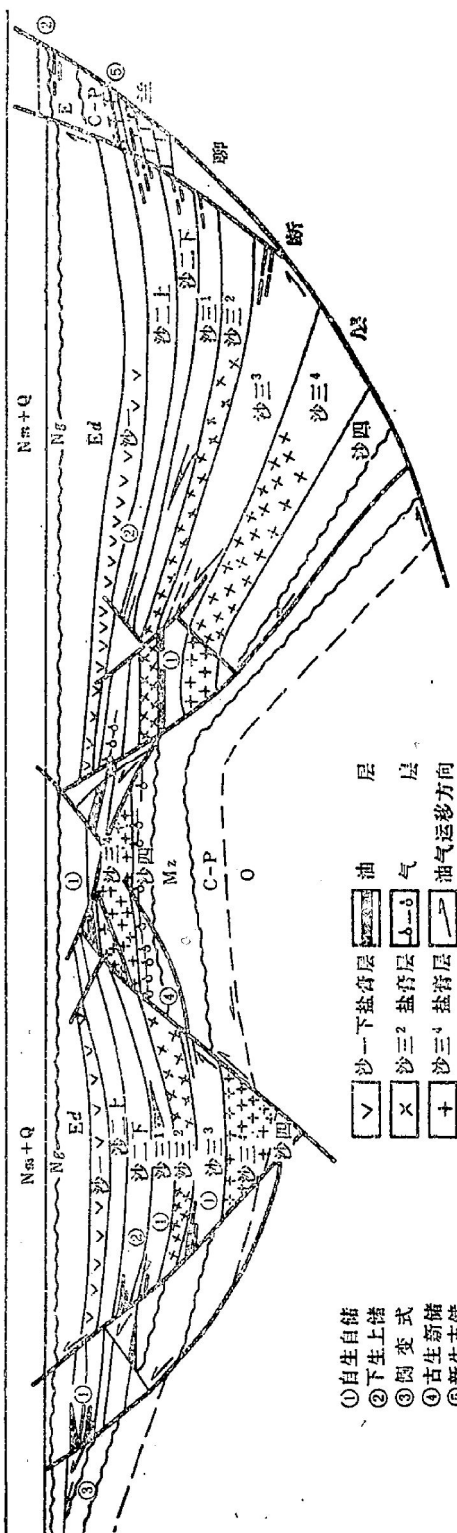


图3 东濮凹陷油气藏形成条件分析图

1) 安与、郝钧, 1984, 东濮凹陷北部濮城、卫城、文留地区连片构造图编制研究报告。

积了东濮凹陷第一套生油层和多套盐岩层,同时也沉积了以重力流为主的砂体,从而形成了互层式生储盖组合(下组合)。储集层位于中部,上下为生油层,生储油岩接触面积大,是一种最佳的生储盖组合。目前在沙三、四段找到的油气藏,主要属于这种类型。

沙一时为盆地的扩张时期,较稳定地沉积了东濮凹陷第二套生油层和盐岩层,同时也沉积了以三角洲为主的砂体,因而同样形成了互层式生储盖组合(上组合)。但上组合远不及下组合,仅在局部地区找到油气藏,如濮城沙一段油藏。

(2) 侧变式:

生油岩和储集岩为同时期的岩层,生油岩呈单向指状交叉式与储集层接触,油气水侧向运移到储油层中形成油气藏,如兰聊断层下降盘和西斜坡的油藏。这两个地区靠近物源,各种砂体比较发育。扇端、扇中的砂体是油气运移的指向,易在构造高部位形成油气藏。

2. 下生上储油气藏

东濮凹陷同华北其他盆地一样,沙二段和东营组为一套红色砂泥岩,不具备生油条件,但砂岩发育,物性好,可储集分别来自沙三、四段和沙一段生油层的油气。油气主要是沿油源断层向上运移到圈闭中的。

3. 古生新储油气藏

前第三系生成油气,第三系储集油气。文中沙四段气藏就是一例:石炭二叠纪煤系生成的煤成气沿文西基底大断层向上运移,被区域性分布的沙三盐膏层遮挡而聚集在沙四段储集层中,形成大型的天然气藏。

4. 新生古储油气藏

下第三系生成的油气,运移到前第三系储集起来,形成古潜山油气藏。主要分布在凹陷的两侧基底大断层上升盘和中央隆起部位。油气是通过断层或不整合面而运移到古潜山圈闭中的。

三、油气富集规律

勘探证实,东濮凹陷油气分布主要受生油洼陷控制,中央隆起带、凹陷两侧的缓坡带、凹陷东侧的陡坡带和潜山带,分别是油气富集的最有利、有利和较有利地区。

1. 有利生油区控制油气分布

从图4可清楚地看出,东濮凹陷的油气田主要分布在北部的濮城-前梨园和柳屯-海通集生油洼陷范围内及其边缘。这两个洼陷都是早第三纪继承性的Ⅰ类生油洼陷,有机质丰度高、类型好,排烃系数高,生油强度大(最大可达 $3.6 \times 10^8 \text{t/km}^2$),油气资源丰富。目前在这两个洼陷内已找到11个油气田,占全凹陷已发现油气田总数的74%;地质储量石油占95%,天然气占79.1%。

葛岗集洼陷在早第三纪早期稳定下沉,中后期相对抬升,生油条件不如前两者好(表3、图4),属于Ⅱ类生油洼陷。在洼陷内及其边缘仅找到4个油气田,占全凹陷油气田总数的26%;地质储量石油占5%,天然气占20.9%。

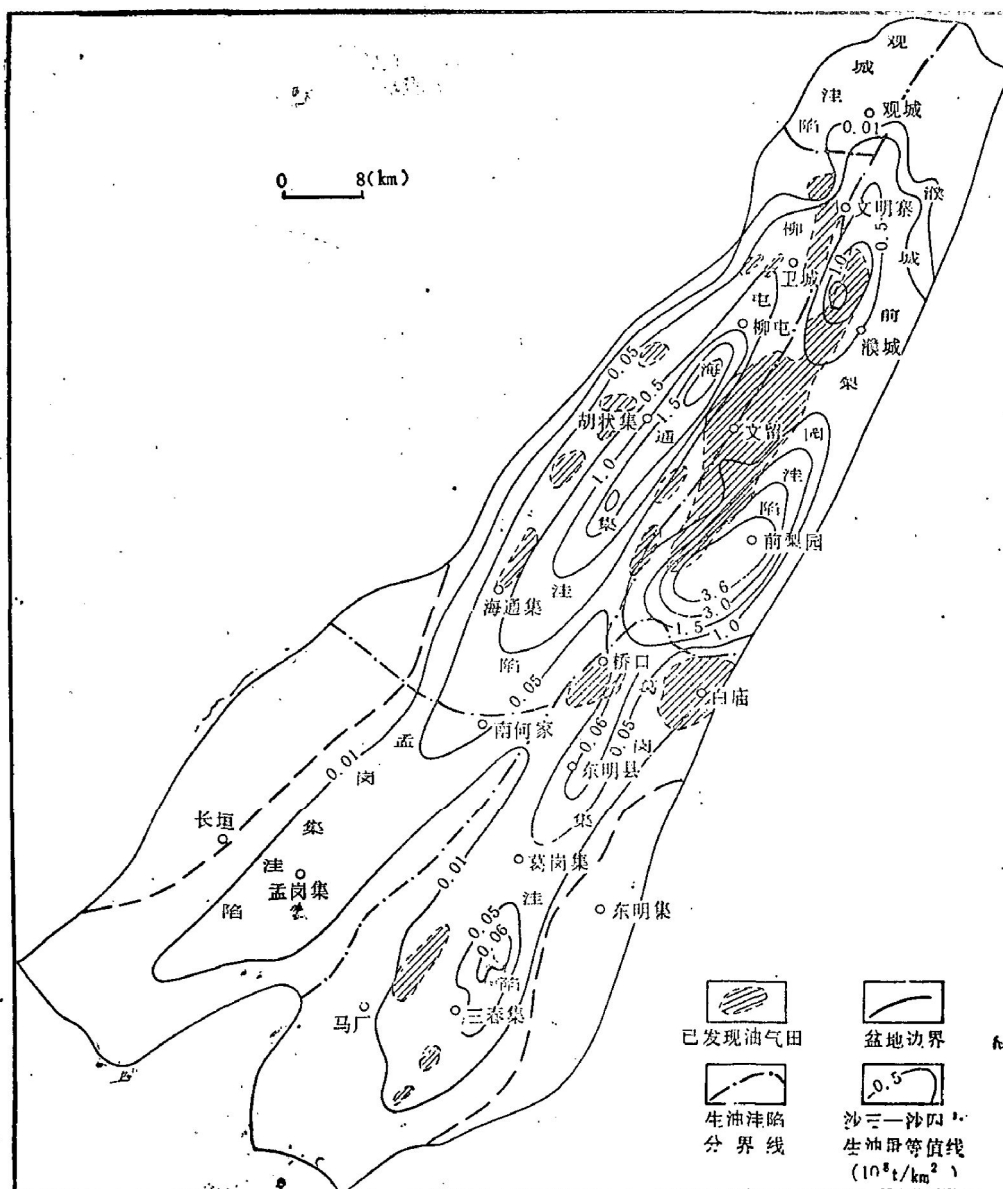


图4 东濮凹陷油气分布与生油洼陷关系

位于凹陷最北部的观城洼陷和西南部的孟岗集洼陷,均属于Ⅲ类生油洼陷。前者在早第三纪一直处于相对上升状态,生油条件较差,已钻5口井,仅发现油气显示,未找到油气田。后者在早第三纪早、中期相对抬升,生油层较薄,有机质丰度低,生油条件较差,后期又剧烈下沉(沉积了巨厚的东营组),使勘探目的层埋藏较深。虽然预深1井见到较好的油气显示,但能否找到油气田,还有待进一步探索。

以上勘探资料表明,东濮凹陷的含油气田均分布在生油区范围内或其边缘,有利的生油区对油气田分布具有很好的控制作用。

2. 中央隆起带是最有利的油气聚集带

渤海湾盆地油气勘探已证实,中央隆起带是油气最富集的地区之一,如东营凹陷中央隆起带上已找到的石油地质储量占该凹陷已发现储量的40%以上。经过10多年的勘探,

东濮凹陷中央隆起带上已发现10个油气田, 占全凹陷已发现油气田的 67 %, 其储量占 90 % 以上。

中央隆起带在渐新世一直为水下隆起, 在沙河街时沉积了两套生油岩。所以该带不仅有东、西生油区供油, 而且它本身也具有很好的生油能力。

中央隆起带不仅发育着大面积的、高幅度的构造圈闭(表5), 而且其两侧和各个构造带的倾没端发育着众多的非背斜圈闭。这些非背斜圈闭与构造圈闭一样, 绝大部分形成了油气藏。如濮城 T_6 构造圈闭只有 34.7 km^2 , 探明叠合含油气面积却有 43.5 km^2 , 比最大构造圈闭面积多 8.8 km^2 。相应地, 储量由5000多万吨增至12000多万吨

表5 中央隆起带 T_3 、 T_6 、 T_g 圈闭面积构造幅度统计表

层 面	圈闭面积 (km^2)	构造幅度 (m)	占凹陷圈闭面积百分数(%)
T_3	557.4	100—400	68.8
T_6	486.8	200—500	54.3
T_g	262	300—600	62.1

中央隆起带虽然离物源较远, 但不缺少储集层。北部东营组和沙河街组除盐层之外的各段或亚段, 砂岩较发育, 一般砂岩百分比为15—25%。南部下第三系各组段(除沙二上外), 砂岩百分比都大于20%, 高的可达40%以上。

东濮凹陷沙河街组为断陷盐湖沉积, 中央隆起带北部沉积了沙一下、沙三²、沙三三套盐岩地层(优质盖层), 在纵向上形成3套含油层系。南部有泥页岩盖层。这两类盖层对油气的封闭性都较好。

总之, 中央隆起带构造发育早, 圈闭面积大, 构造幅度高, 油源较充足, 具有较好的储集层和良好的盖层, 生储盖配置关系也较好, 是最有利的油气聚集带。

3. 先凹后斜型断阶式缓坡带是有利的油气聚集带, 差异压实构造形成局部富集

东濮凹陷西斜坡是一个地层东倾、倾角不大($<10^\circ$)的缓坡带, 面积约 1000 km^2 , 走向NNE, 北窄南宽。

从目前的勘探资料分析, 西斜坡大致可以三分: 自南而北为高平集构造斜坡带, 胡状集-庆祖集先凹后斜型断阶式缓坡带和马寨-观城断阶式斜坡带。高平集斜坡带勘探程度较低, 地层构造面貌尚不清楚。马寨-观城斜坡带勘探程度虽然较高, 但因地层变化大、断层多, 构造格局和成油条件也不十分清楚。胡状集-庆祖集缓坡带(以下称胡-庆地区)勘探程度较高, 构造格局和油气控制因素基本清楚。通过胡-庆地区与辽河西斜坡资料对比, 发现二者有相似的发育阶段和成藏条件。

始新世—渐新世早期, 胡-庆地区处于下沉阶段, 为柳屯-海通集洼陷的一部分, 沉积了沙四段和沙三⁴、沙三³约3000m的生油层系, 生油条件与柳屯-海通集洼陷相同。胡-庆地区不仅自身可以生油, 而且还有柳屯-海通集生油洼陷供油, 油源较丰富。

渐新世中期(沙三²), 由于内黄隆起抬升和长垣断层产生, 该区西抬东降, 形成断阶式斜坡带和顺向断块圈闭, 有利油气的运移和富集。渐新世末期, 又由于华北运动第Ⅱ幕的作用, 斜坡抬得更高, 致使上台阶地层遭到严重剥蚀, 上第三系馆陶组不整合于下第三系各组、段之上, 不整合面控制了区域性的油气聚集。目前发现的胡状集和庆祖

集两个油田, 主要位于中台阶和低台阶上, 高台阶上也发现较好的油气显示(图5)。

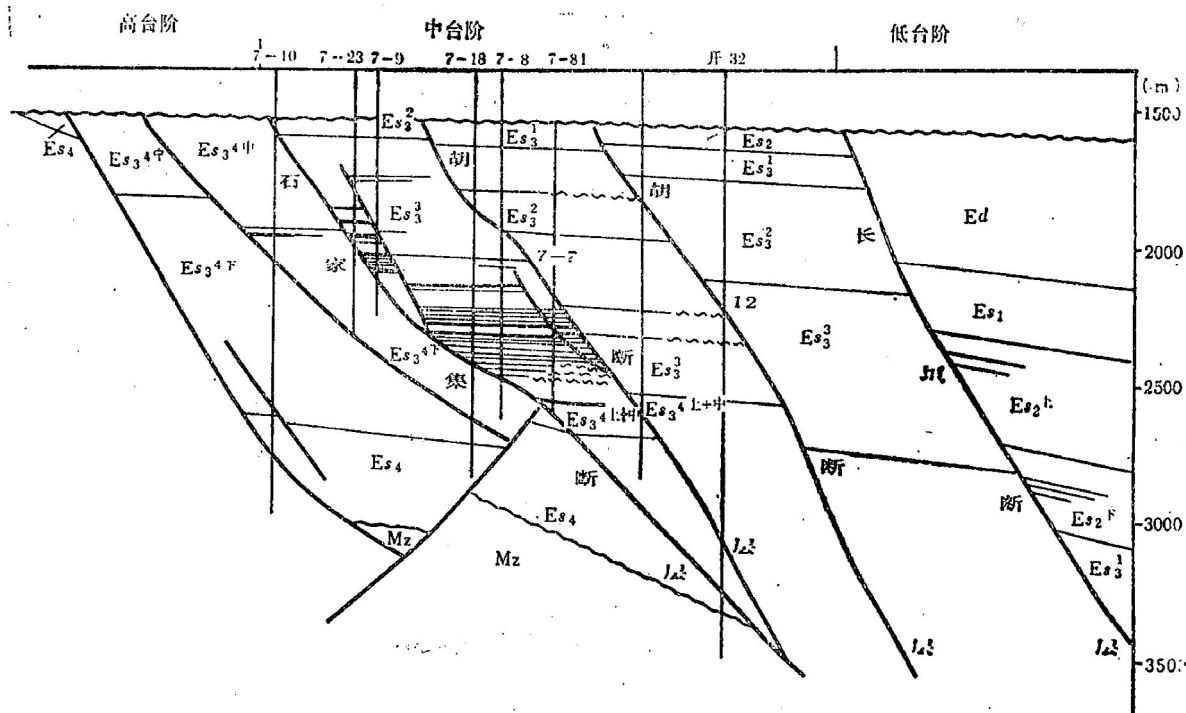


图5 胡状集油藏剖面

胡-庆地区在沉积生油岩的同时, 也沉积了3个扇三角洲砂体, 即庆祖集、石家集、胡状集砂体。扇三角洲前缘位于石家集断层下降盘附近, 形成局部好储层。后来由于差异压实作用, 在原扇三角洲的前缘部位形成压实构造, 贴附在石家集断层上。这种断鼻构造是油气局部富集最有利场所, 例如胡12块, 位于石家集扇三角洲前缘, 分流水道、河口坝砂岩发育, 沙三³和沙三⁴砂岩百分比一般在30%以上, 最大43.7%, 单层厚度一般3—4 m, 最大11.6 m, 孔隙度一般为20—25%, 渗透率平均为 $114 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 最大为 $771 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。油层一般位于沙三³中、下部和沙三⁴上部, 单井厚度35 m以上, 最厚140 m, 含油高度沙三³ 239 m, 沙三⁴ 166 m, 充满程度分别为81.3%和47.4%, 油气富集程度 $400 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 以上。

4. 兰聊断层两侧是较有利的油气富集带

兰聊断层两侧(以下简称两侧)包括兰聊断层下降盘的陡坡带和上升盘的潜山带两部分。陡坡带较窄, 呈条带状, 由兰聊断层拖曳和快速堆积形成西倾的斜坡。潜山带包括龙王庄-临濮集、高庄-东明集潜山带。

兰聊断层是东濮凹陷和鲁西隆起的分界断层, 控制着下第三系沉积。断层上升盘隆起幅度大, 中生界全部被剥蚀, 石炭二叠系也不同程度地受剥蚀, 上第三系不整合于石炭二叠系和奥陶系之上。下降盘下第三系厚6000 m以上, 侧向与上升盘古生界和前震旦系接触, 下第三系的油气可以通过断层侧向运移到老地层中聚集起来(这已被毛4块潜山油藏所证实)。所以, 两侧是较有利的油气富集带。

(1) 陡坡带

陡坡带是濮城-前梨园和葛岗集生油洼陷的一部分, 故油源充足。

鲁西隆起上Mz、C-P的碎屑物质易搬运到兰聊断层下降盘附近形成粗碎屑岩堆积。潜山带上存在若干条山谷。洪水期间,较粗碎屑物质堆积在谷口处,形成各种扇体储集层。扇体部位,砂岩相当发育,如毛1井沙河街组各段砂岩百分比均大于26%,最高达60.5%(表6)。后期,由于压实作用,在扇根部位形成了若干个压实构造,呈串珠状依附在兰聊断层下降盘。这些鼻状构造是油气富集的场所,白庙中型气田就是一个典型例子(图6)。白庙基底属于东明集潜山带的北延部分,是一个南倾的断块。在沙河街组沉积时期,发育着2—3个继承性的近源浊积扇砂体,其扇叶相连,形成朵状,后期由于差异压实作用形成断鼻构造,成为油气富集场所。

表6 毛1井砂岩统计表

层位	Es ₁	Es ₂ ^上	Es ₂ ^下	Es ₃ ¹	Es ₃ ²	Es ₃ ³
地层厚度 (m)	314	399	410	135.4	167.6	86
砂岩厚度 (m)	153	241.5	202.5	35.5	58	38
砂岩百分比 (%)	48.7	60.5	49.4	26.2	34.6	44.2

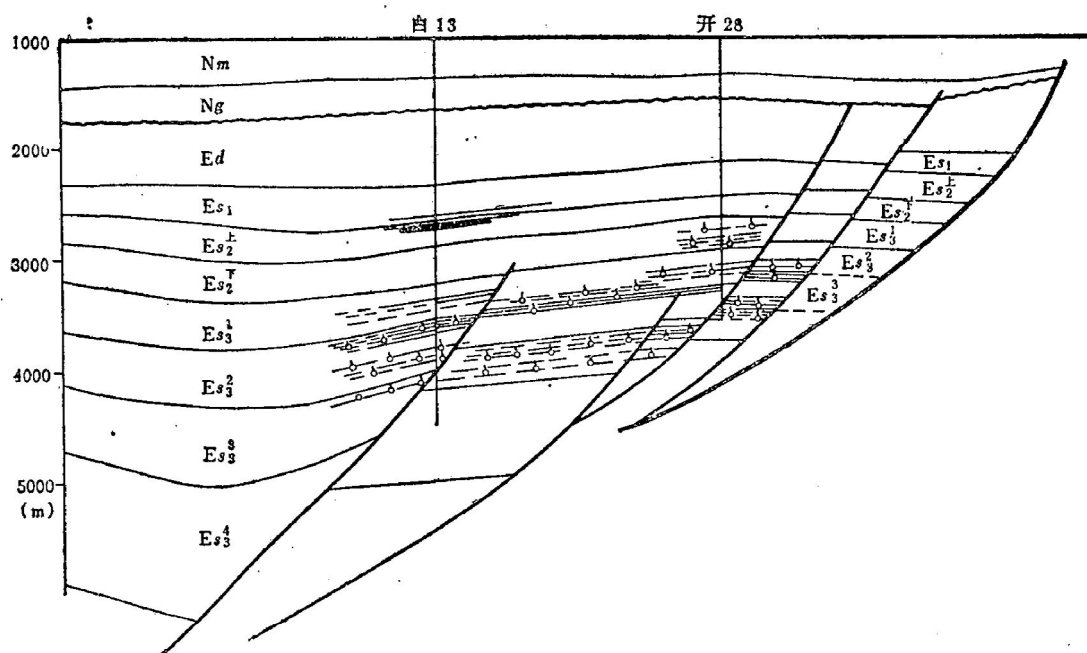


图6 白庙油气藏剖面图

像白庙这种扇体与构造高部位相吻合的圈闭,还有乔良屯、前梨园等构造,应是油气勘探的重点。

(2) 潜山带

潜山带临近濮城-前梨园和葛岗集生油洼陷,洼陷中下第三系生成的油气可沿水平方向运移到古潜山圈闭中。毛4块潜山油藏的原油与濮城油田原油同源,充分说明上述观点是对的。

从毛4井潜山取心证实,兰聊断裂附近构造裂缝、层间溶蚀缝、溶蚀孔洞较发育,为油气运移聚集提供了较好的通道和储集空间。

据已做过工作的龙王庄-临濮集和东明集潜山带统计, 有33个山头共52块, 圈闭面积 120km^2 , 构造幅度 $50-100\text{m}$, 最大 300m 。

龙古1井和东1井揭示, 龙王庄和东明集潜山之上的石炭二叠系分别厚 466m 和 257.5m 。石炭二叠系是一套含煤层砂泥(页)岩互层, 可以作为奥陶系潜山油气藏的较好盖层。

目前东濮潜山勘探已有新进展, 毛4块潜山油藏见到油流, 毛5井进入奥陶系风化壳后连续见到油气显示, 毛3井在太古界混合岩中见 1.3m 的裂缝含油。可见兰聊断层上升盘古潜山圈闭成油条件较好, 继续勘探是很有希望的。

本文由朱家蔚同志审查和修改过两次, 表示感谢!

参 考 文 献

- [1] 中国地质学会构造地质专业委员会, 1982, 构造地质学进展, 科学出版社。
- [2] 胡见义等, 1986, 非构造油气藏, 石油工业出版社。

FORMATION OF OIL POOLS AND HYDROCARBON ENRICHMENT IN DONGPU DEPRESSION

Wang Xinyun Xin Maoan

(Research Institute of Petroleum Exploration and
Development, Zongyuan Oilfield)

Abstract

The Dongpu Depression (Dongming Depression) crosses Henan and Shandong Provinces. The Eocene sediments there are distributed within an area of 5300km^2 with a thickness of more than 6000m . Now 15 oilfields have been found. The present article studies the formation conditions of hydrocarbon pools in the depression.