

文章编号: 0253-9985(2011)02-0175-07

东濮凹陷文明寨地区三叠系低熟油特征及成藏模式

张源智^{1,2}, 于兴河¹, 季洪泉³, 赵广珍⁴, 李明义^{5,6}

[1. 中国地质大学 能源学院 北京 100083; 2. 北京源博科技有限公司 北京 102200;

3. 中海石油(中国)有限公司 北京 100010; 4. 中海能源发展股份有限公司 特普地球物理分公司 广东 湛江 452057;

5. 中国石油大学 石油工程学院 北京 102200; 6. 吉林油田公司新木采油厂 吉林 松原 138000]

摘要: 应用地球化学研究方法, 对东濮凹陷北部文明寨地区三叠系原油、油砂抽提物及濮卫地区沙河街组三段下亚段烃源岩进行了族组成、碳同位素、饱和烃色谱-质谱等实验分析。结果表明, 文明寨地区三叠系原油与含油砂岩抽提物的饱和烃含量在 39.44% ~ 51.01%, 族组分碳同位素分布在 -28.92‰ ~ -26.54‰ (PDB), 芳烃、非烃和沥青质组分之间的同位素分馏效应较小; Pr/Ph 值小于 0.5, 具有明显的植烷优势; 甾烷 $C_{29}20R/(20R+20S)$ 值为 0.29 ~ 0.34, $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha + \alpha\beta\beta)$ 值为 0.25 ~ 0.34, 甾烷系列中 C_{27} 含量略占优势, 重排甾烷含量极低; γ -蜡烷含量较高, γ -蜡烷/ C_{30} 藿烷值在 0.70 ~ 0.81, 反映了高盐度水体沉积环境下形成的低熟油特征。油源对比分析认为, 文明寨地区三叠系低熟油的烃源灶为具有盐岩沉积建造的濮卫地区沙河街组三段—四段泥岩, 其成藏模式为新生古储型油气藏。

关键词: 生物标志化合物; 成藏模式; 低熟油; 三叠系; 东濮凹陷

中图分类号: TE122

文献标识码: A

Characteristics and pool-forming patterns of the Triassic immature oil in Wenmingzhai area, the Dongpu Depression

Zhang Yuanzhi^{1,2}, Yu Xinghe¹, Ji Hongquan³, Zhao Guangzhen⁴, Li Mingyi^{5,6}

(1. School of Energy Resource, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Beijing Yuanbo Science & Technology Co. Ltd., Beijing 102200 China; 3. China National Offshore Oil Limited Corporation, Beijing 100010, China;

4. Tegu Geophysical Prospecting Branch, CNOOC Energy Technology & Services Co. Ltd., Zhanjiang Guangdong 452057, China;

5. College of Petroleum Engineering, China University of Petroleum, Beijing 102249 China; 6. Xinmu Recovery Plant, Jilin Oilfield, Songyuan, Jilin 138000 China)

Abstract: Experimental analyses of group composition, carbon isotope and saturated hydrocarbon chromatogram-mass spectrum were carried out on the crude oil and oil sand extract samples from the Triassic in Wenmingzhai area and the source rocks in the lower 3rd member of Shahejie Formation in Puwei area, Dongpu depression. The saturated hydrocarbon content of the crude oil and oil sand extract is in the range from 39.44% to 51.01%. Their carbon isotope of group composition ranges from -28.92‰ to -26.54‰ (PDB), and the fractionation effect of the carbon isotope among aromatic hydrocarbon, non-hydrocarbon and asphaltenes is relatively insignificant. The Pr/Ph ratio is less than 0.5, indicating the predominance of Phytane. The values of sterane $C_{29}20R/(20R+20S)$ and $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha + \alpha\beta\beta)$ are 0.29 - 0.34 and 0.25 - 0.34 respectively. The C_{27} content is slightly predominant in the sterane's series, while the diasteranes content is extremely low. The gammacerane content is relatively high and the gammacerane to C_{30} hopanes ratio is 0.70 - 0.81, indicating the geochemical characteristics of immature oil formed in a sedimentary environment with high water salinity. Oil-source correlation reveals that the immature oil in the Triassic reservoirs in Wenmingzhai area are sourced from the mudstone in the 3rd and 4th members of Shahejie Formation in Puwei area. The pool-forming pattern is that hydrocarbons generated by young source rocks accumulate in old reservoirs.

Key words: biomarker, pool-forming pattern, immature oil, Triassic, Dongpu Depression

收稿日期: 2010-06-10; 修订日期: 2011-03-06。

第一作者简介: 张源智(1975—), 男, 博士生, 储层评价与油气成藏研究。

基金项目: 中国石化重点科技攻关项目(P08044)。

东濮凹陷位于豫东北与鲁西交界地区,是渤海湾盆地南缘发育的呈北北东走向的狭长凹陷^[1]。凹陷内新生界最大沉积厚度达8 100 m,其中古近系厚达5 600 m,是一个以古近系内陆盐湖沉积为主的断陷盆地^[2]。文明寨地区位于东濮凹陷中央隆起带北部(图1),为一下垡上堑的长条状断背斜构造,东接濮卫环洼带,西邻西部斜坡带,南、北连户部寨构造和观城构造带。

近年来,研究人员对东濮凹陷的成藏规律及成藏条件开展了大量的研究^[3-12],但这些工作较少涉及到文明寨地区。2007年,文明寨油田部署的卫77-3井三叠系获得自喷高产油流,三叠系勘探取得重大突破。由于以前针对三叠系的研究工作开展得较少,对三叠系油气成藏存在一系列地质科学问题需要解决。本文在前人研究的基础上,对文明寨地区的油气成熟度、油气来源及成藏模式进行重点研究,这对于加深文明寨地区三叠系原油成熟度、油气来源的认识及识别油气藏类型、找出油气成藏的关键控制因素以及油气富集规律有重要意义。

1 地质概况

1.1 地层特征

1) “高阻红”地质时代确定

东濮凹陷北部三叠系地层俗称“高阻红”,过

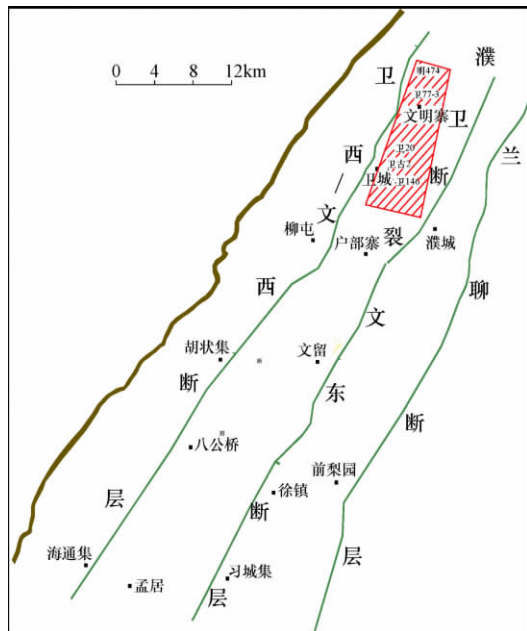


图1 研究区构造示意图

Fig.1 Sketch map showing the structures of the study area

去30多年来其地质时代归属问题一直未能得到解决。通过对该区卫77-3井、卫77-4井岩心岩屑样品的分析,在岩心中发现较多典型的三叠系轮藻化石——星孔轮藻和直轮藻化石,这与丰富的孢粉化石反应的地质时代是一致的,属于早、中三叠世^[13]。另外,对东濮凹陷北部天1井、观4井、观1井、卫57井“高阻红”样品作了粘土矿物同位素年龄分析,并同时分析了临清地区莘县凹陷朝1井中、下三叠统地层中的样品以资对比。分析结果反映,东濮凹陷“高阻红”样品的时代与临清地区莘县凹陷下三叠统样品的年龄具有可对比性。因此,将东濮凹陷北部“高阻红”地质年代置于早、中三叠世是合适的。

2) “高阻红”地层划分

“高阻红”厚度巨大,在凹陷北部一般厚500~600 m,最厚达800 m以上,是一套紫色、棕色、浅灰色粉砂岩、细-粉砂岩等夹紫色、紫红色泥岩沉积建造。按照华北区域内三叠系地层划分的方案,将东濮凹陷“高阻红”划分为刘家沟组一段、二段、和尚沟组及二马营组。二马营组主要分布于文明寨、马寨一带,其顶部遭受剥蚀,发育不全。

1.2 构造特征

华北地区早、中三叠世基本继承了晚二叠世的古地理格局,与上二叠统之间没有沉积间断,早、中三叠世为大型内陆拗陷盆地。东濮凹陷揭示的中、下三叠统分布于兰聊断裂以西,是属于整个华北大盆地的一部分。兰聊断裂以东目前未发现中、下三叠统地层,可能遭强烈抬升剥蚀。东濮凹陷北部三叠系发育3个构造带,即中央隆起带、西部斜坡带和濮城构造带,呈北东向斜列展布。文明寨构造是东濮凹陷中央隆起带北端的一个穹隆构造,处于中央隆起带向北抬升的最高部位。构造被北东走向、东南倾向的明5主断裂和北东东走向、北西倾向的卫7主断裂切割,形成了一个地垒型的构造主体。深层为垒、堑相间结构,自东向西发育3个地垒带,即卫77地垒带、文明寨主体地垒带和明古1地垒带。3个地垒带地层整体东倾,自东向西逐渐抬升。

2 原油物理性质及地球化学特征

2.1 物性特征

依据文明寨地区三叠系10口井13个层的试

油测压资料,文明寨地区三叠系地层压力系数接近 1.0,原始地层压力为 19.5~29.0 MPa,原始饱和压力为 12.8 MPa,地层温度为 77.5~105.0℃,属于正常的温度和压力范围。据卫 77-3 等 7 口的井取样分析,文明寨地区三叠系地面原油密度为 0.871 0~0.918 9 g/cm³、粘度为 33.99~119.7 mPa·s、凝固点为 23~31℃,与文明寨古近系原油性质一致。总体看,文明寨地区三叠系地面原油密度较高,粘度较大,凝固点较高。

2.2 族组成特征

从原油的族组成来看,三叠系原油饱和烃含量一般小于 50%(表 1)。一般认为,饱和烃含量低是因为成熟度低,有机质还未大规模地降解产烃,相对极性组分占的比例就较大。表 1 中,芳烃与非烃的含量高,一般都大于 20%,表现为低烷烃、高芳非、高沥青质的特征,表现了文明寨地区三叠系原油烃源岩热演化程度较低、运移距离较近的特点。

2.3 碳同位素特征

本区三叠系原油族组分碳同位素值饱和烃在 -28.5‰(PDB) 以下(表 1),芳烃、非烃在 -27‰(PDB) 以下,沥青质在 -27‰(PDB) 左右。根据徐永昌等^[14]对中国不同地区未熟-低熟油及族组

分碳同位素分布的统计分析发现,盐湖相原油碳同位素分布为 -28‰~-25‰,主峰值为 -27‰~-26‰;族组分碳同位素分馏相对较小,差值常小于 2‰,且最大分馏常出现在饱和烃与芳烃之间。文明寨地区三叠系原油族组分饱和烃碳同位素分布为 -28.94‰~-28.49‰,饱和烃、芳烃、非烃和沥青质组分之间的 δ¹³C 值相差很小,表明族组分之间的同位素分馏效应较小。其三叠系原油族组分饱和烃碳同位素特征与徐永昌等统计的低熟油特征基本一致。

2.4 饱和烃色谱特征

盐湖相强还原环境中,Pr/Ph 值一般小于 0.5(表 2),虽具有较重的 δ¹³C 值,但常有较好的有机质类型^[14],其烃源岩往往具有偶碳优势,正构烷烃呈单峰分布,植烷优势明显^[15]。文明寨地区三叠系原油 CPI(碳优势指数)与 OEP(奇偶优势值)值均小于 1,显示微弱的偶碳优势;主峰碳分布范围较广,从 nC₁₈到 nC₂₈;Pr/nC₁₇值一般小于 0.6,Pr/Ph 值一般小于 0.5,Ph/nC₁₈大于 1,具有较强的植烷优势。这些反映了盐湖相生烃母质的成油特征。低碳数有机质含量较低,∑nC₂₂⁻/∑nC₂₃⁺值小于 0.85,反应原油的成熟度相对较低。

表 1 文明寨地区三叠系原油族组成及碳同位素特征

Table 1 Characteristics of group composition and carbon isotope of the Triassic crude oil in Wenmingzhai area

井号	井段/m	族组成/%				δ ¹³ C(PDB) ‰			
		饱和烃	芳烃	非烃	沥青质	饱和烃	芳烃	非烃	沥青质
明 470	2 278.4~2 309.8	46.68	23.72	20.92	8.67	-28.64	-27.23	-27.27	-26.84
明 471	2 076.8~2 503.3	46.34	21.46	21.95	10.24	-28.49	-27.25	-27.32	-26.54
明 473	2 347.3~2 377.4	44.38	22.49	21.60	11.54	-28.57	-27.30	-27.24	-25.69
卫 77-3	3 001.6~3 019.1	39.44	27.46	18.66	14.44	-28.80	-27.69	-27.37	-27.13
卫 77-7	2 588.8~2 747.0	44.11	21.15	19.64	15.11	-28.60	-27.42	-27.44	-27.13
卫 75-12	2 690.5~2 735.0	51.02	25.51	17.47	5.99	-28.94	-27.66	-27.24	-26.99
卫 77-8	2 874.0~2 918.0	50.13	24.33	16.67	8.88	-28.81	-27.40	-27.25	-27.19

表 2 文明寨地区三叠系原油饱和烃色谱特征参数

Table 2 GC characteristic parameters of saturated hydrocarbon from the Triassic crude oil in Wenmingzhai area

井号	井段/m	主峰碳	C ₂₁₊₂₂ /C ₂₈₊₂₉	Pr/Ph	Pr/nC ₁₇	Ph/nC ₁₈	CPI	OEP	∑nC ₂₂ ⁻ /∑nC ₂₃ ⁺
明 471	2 076.8~2 503.2	nC ₂₈	1.010	0.348	0.598	1.258	0.965	0.849	0.762
明 470	2 278.4~2 309.7	nC ₂₈	1.038	0.394	0.592	1.247	0.961	0.873	0.744
明 473	2 347.3~2 377.3	nC ₂₈	1.036	0.399	0.600	1.248	0.965	0.851	0.740
卫 77-7	2 588.8~2 747.0	nC ₁₈	1.065	0.418	0.579	1.207	0.960	0.899	0.797
卫 75-12	2 690.5~2 735.0	nC ₁₈	1.067	0.430	0.572	1.255	0.935	0.908	0.851
卫 75-4	2 732.0~2 795.0	nC ₂₀	1.071	0.418	0.599	1.272	0.972	0.864	0.848
卫 77-8	2 874.0~2 918.0	nC ₁₈	1.079	0.419	0.585	1.273	0.971	0.901	0.828
卫 77-3	2 945.5~3 019.1	nC ₂₄	0.965	0.400	0.567	1.211	0.993	0.920	0.644

2.5 生物标志化合物特征

甾烷异构化参数 $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha + \alpha\beta\beta)$ 和 $C_{29}20S/(20S + 20R)$ 是判别未熟、低熟油的重要标志。史继杨等^[16]综合了大港、胜利、辽河、泌阳、江汉和百色等油田未熟、低熟油的地球化学特征,按照甾烷成熟度参数将未熟、低熟油区分为两类:未熟原油甾烷 $C_{29}20S/(20S + 20R)$ 值小于 0.25, $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha + \alpha\beta\beta)$ 值小于 0.2;低熟原油甾烷 $C_{29}20S/(20S + 20R)$ 值为 0.25 ~ 0.42, $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha + \alpha\beta\beta)$ 值为 0.2 ~ 0.4。文明寨地区三叠系原油共 8 个样品,其甾烷特征十分类似(表 3),表现为成熟度较低。其中,甾烷 $C_{29}20S/(20S + 20R)$ 值为 0.29 ~ 0.34, $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha + \alpha\beta\beta)$ 值为 0.25 ~ 0.34,重排甾烷含量极低,重排甾烷/规则甾烷值多小于 0.1; C_{27} 甾烷含量略低于 C_{29} 甾烷, C_{28} 甾烷含量最低, C_{27} 、 C_{28} 、 C_{29} 甾烷含量呈“V”字型分布特征;甲藻甾烷有一定含量, γ -蜡烷/ C_{30} 藿烷值在 0.55 ~ 0.72, γ -蜡烷含量较高。

3 油-源对比

3.1 烃源岩特征

从最新有机质类型统计结果看,文明寨东南濮卫环洼带卫 146、卫 35、卫 20、卫 18-5 等井沙(沙河街组)三段有机质含量 TOC 从化验分析的 118 个样品看平均值为 1.04%;有机质类型 I 型占 14%, II₁ 型占 27%, II₂ 型占 22%, III 型占 37%。较高的有机质

丰度和较好的有机质类型为文明寨地区低熟油的生成、聚集提供了较好的物质基础。烃源岩氯仿沥青的族组成总体具有如下特征:①饱和烃含量较低,一般小于 50%,如卫 18-5 井 2 850.20 m 处烃源岩饱和烃含量仅为 32.9%;②非烃含量较高,如卫 18-5 井 2 850.20 m 处烃源岩非烃含量高达 46.4%;③非/沥比大(一般大于 1),卫 18-5 井 2 740.19 m 处非/沥比高达 30.9,反应烃源岩中脂类杂原子化合物聚合程度偏低。从烃源岩的成熟度看,笔者收集到的明 8 井沙三段 6 个样品镜质组反射率 R_o 最大值为 0.48%、最小值为 0.34%、均值为 0.42%,观 4 井 2 个样品的 R_o 值为 0.37% 和 0.47%,反应烃源岩成熟度较低。热解参数从选取的 118 个样品看, T_{max} 最高值为 438℃,最低值为 388℃,均值为 430.9℃,低于 435℃。这些特征表明,该区沙三段烃源岩有机质多处于低成熟阶段。

3.2 族组成及碳同位素特征

石油的主要组成是烃类,不同生油岩生成的油气具有各自的组成特征;同一生油岩生成的油气,尽管被圈闭在不同的油层中,其组成应是相似的。因此,可以根据原油族组成确定生油岩与油气之间的亲缘关系。从沙三段、沙四段、三叠系原油、油砂抽提物与烃源岩的族组成及碳同位素对比表中可以看出,文明寨三叠系原油与濮卫地区古近系烃源岩的族组成及碳同位素具有很好的相关性(表 4),表明文明寨三叠系的油源可能来自濮卫次洼古近系烃源岩。

表 3 文明寨地区三叠系原油饱和烃色谱-质谱特征参数
Table 3 GC-MS characteristic parameters of saturated hydrocarbon from the Triassic crude oil in Wenmingzhai area

井号	井段/m	a	b	c	d	e	f	g
明 471	2 076.8 ~ 2 503.2	0.34	0.29	0.97	0.59	1.05	0.81	0.58
明 470	2 278.4 ~ 2 309.7	0.33	0.34	0.84	0.59	0.98	0.78	0.59
明 473	2 347.3 ~ 2 377.3	0.30	0.31	0.83	0.58	0.97	0.72	0.60
卫 77-7	2 588.8 ~ 2 747.0	0.31	0.26	0.88	0.54	0.96	0.74	0.69
卫 75-12	2 690.5 ~ 2 735.0	0.30	0.26	0.89	0.49	1.00	0.79	0.67
卫 75-4	2 732.0 ~ 2 795.0	0.31	0.29	0.92	0.56	0.99	0.70	0.63
卫 77-8	2 874.0 ~ 2 918.0	0.29	0.25	1.11	0.53	1.10	0.79	0.55
卫 77-3	2 945.5 ~ 3 019.1	0.31	0.31	0.94	0.54	1.15	0.76	0.72

注: a 为 $\alpha\alpha\alpha - C_{29}$ 甾烷 $20S/(20S + 20R)$; b 为 C_{29} 甾烷 $\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha + \alpha\beta\beta)$; c 为 $\sum C_{27}$ 甾烷 / $\sum C_{29}$ 甾烷; d 为 C_{31} 甾烷 $22S/(22S + 22R)$; e 为 $\alpha\alpha\alpha - 20R$ 甾烷 C_{27}/C_{29} ; f 为 $\alpha\alpha\alpha - 20R$ 甾烷 C_{28}/C_{29} ; g 为 γ -蜡烷/ C_{30} 藿烷。

表 4 文明寨地区三叠系原油、油砂与濮卫地区沙三、沙四段烃源岩族组成及碳同位素对比

Table 4 Comparison of group composition and carbon isotope among the Triassic crude oil and oil sand in Wenmingzhai area and the source rocks in the 3rd & 4th members of the Shahejie Formation in Puwei area

参数	样品	样品数/个	饱和烃			芳烃			非烃			沥青质		
			最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
族组分含量 %	原油	7	51.02	39.44	46.01	25.51	21.15	23.73	21.95	16.67	19.56	15.11	5.99	10.70
	油砂	3	50.18	40.61	46.85	25.55	11.09	19.14	26.30	15.77	21.64	22.00	1.85	12.37
	烃源岩	10	55.68	32.92	42.58	27.77	9.09	32.65	46.44	27.51	32.65	8.88	1.01	4.95
碳同位素 (PDB) 含量 ‰	原油	7	-28.49	-28.94	-28.69	-27.23	-27.69	-27.42	-27.24	-27.44	-27.30	-25.69	-27.19	-26.79
	油砂	3	-29.25	-30.45	-29.85	-26.89	-28.26	-27.50	-27.52	-28.29	-27.78	-27.12	-27.98	-27.41
	烃源岩	10	-27.75	-29.21	-28.53	-26.31	-27.95	-26.99	-26.57	-27.91	-27.03	-26.04	-27.93	-26.73

3.3 类异戊二烯烷烃

文明寨与濮卫地区的烃源岩生物标志化合物比较一致,Pr/Ph 比值偏低,均小于 0.5(图 2),具有植烷优势。该分子化石表明沉积环境的咸度偏高。由于文明寨地区沙三下亚段缺乏盐岩沉积建造,因此这些分子化石的相似性说明文明寨三叠系原油主要来源于具有盐岩沉积建造的濮卫地区沙三一沙四段烃源岩。

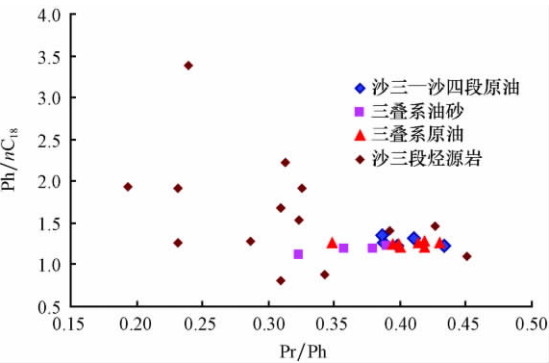


图 2 烃源岩和原油 Pr/Ph 与 Ph/nC₁₈ 值的关系
Fig. 2 Relationship between Pr/Ph and Ph/nC₁₈ for source rocks and crude oil

3.4 规则甾烷

甾烷是一类重要的生物标志物,其各种参数的地质意义已被广泛应用。其中与母源性质关系较密切的分别是 5 α ,14 α ,17 α (20R) 构型的 C₂₇,C₂₈,C₂₉ 甾烷。由图 3、图 4 可见,低熟油与烃源岩之间反映生物构型的 C₂₇,C₂₈,C₂₉ $\alpha\alpha\alpha$ -20R 胆甾烷对比关系良好,指纹特征清晰、图谱干净,属于低成熟原油,说明文明寨地区三叠系原油与濮卫地区烃源岩具有较近的亲缘关系。规则甾烷参数 $\alpha\alpha\alpha$ -20R 甾烷 C₂₇/C₂₉ 和 $\alpha\alpha\alpha$ -20R 甾烷 C₂₈/C₂₉ 被认为是确定油源的较好指标^[17]。低成熟三叠系、沙三一沙四段原油、油砂在 $\alpha\alpha\alpha$ -20R 甾烷 C₂₇/C₂₉ 和 $\alpha\alpha\alpha$ -20R 甾烷 C₂₈/C₂₉ 交汇图(图 5)上重叠关系良好,表明有很好的相关性,应该来自同样的油母质。而烃源岩的分布范围较广,原油及油砂基本分布在该范围内,表明有较好的亲缘关系。

4 油气成藏模式

东濮凹陷三叠系作为新生代盆地的基底,其

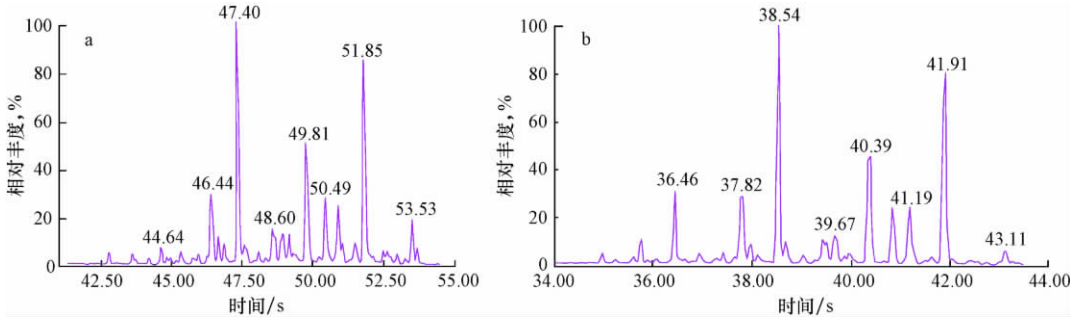


图 3 濮卫地区沙三、沙四段烃源岩的色谱-质谱图(m/z 217)
Fig. 3 GC-MS of the source rocks in the 3rd & 4th members of the Shahejie Formation in Puwei area
a. 卫 20 井 ≥ 691.60 m 沙三段页岩; b. 卫 146 井 ≥ 846.65 m 沙四段页岩

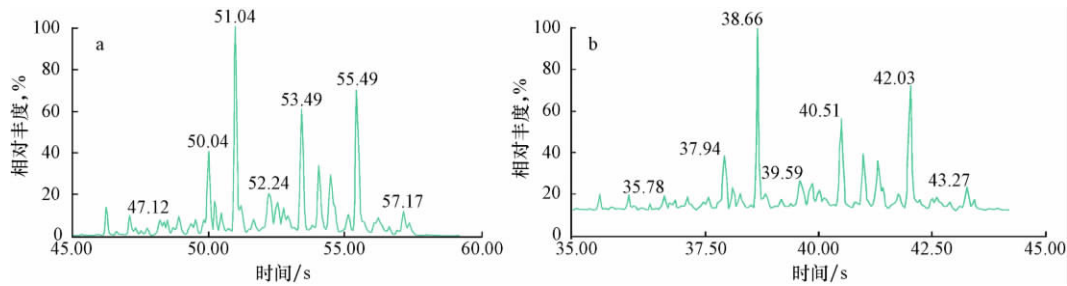


图 4 文明寨地区三叠系原油的色谱-质谱(m/z 217)

Fig. 4 GC-MS of the Triassic crude oil in Wenmingzhai area

a. 卫 77-3 井 3 001.60 ~ 3 019.10 m 三叠系原油; b. 明 470 井 2 278.40 m 三叠系原油

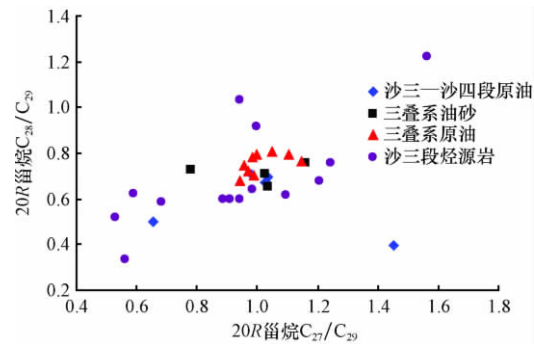


图 5 烃源岩和原油 $\alpha\alpha\alpha$ -20R 甾烷 C_{27}/C_{29} 与 $\alpha\alpha\alpha$ -20R 甾烷 C_{28}/C_{29} 值的关系

Fig. 5 Relationship between C_{27}/C_{29} and C_{28}/C_{29} of $\alpha\alpha\alpha$ -20R-sterane for source rocks and crude oil

构造演化贯穿于整个古近纪的裂陷时期,发育阶段始于古近纪沙四段,止于东营组。东濮凹陷沙四上-沙三下沉积时期进入强烈裂陷期,大多数Ⅱ级、Ⅲ级断裂产生并强烈活动,两洼一隆的格局已

有雏形。沙三中沉积早期,构造活动总的来说不太强烈,地层厚度变化不大,濮城、文留构造已形成一定规模。沙三中沉积晚期,构造活动较为强烈,是湖进时期,文西、马寨、邢庄断层活动剧烈(生长系数大于2)。沙三段沉积期,兰聊断层作为凹陷主控断层发挥了主导作用,但西部边界断层的作用明显加强。此时东濮凹陷已改变了沙四期的单断格局,东、西双断的格局已经形成,即出现了东部兰聊断层下降盘洼陷带和西部洼陷带,这些洼陷带被横向突起或转换斜坡分隔成许多独立的半地堑单元。

文明寨构造东与濮卫次洼相邻,西与观城洼陷相连,南和马寨次洼相接,具有丰富的油气来源。濮卫次洼生油层厚,埋深大,热演化程度相对较高,生油条件好,地垒两侧与第三系沙三、沙四段生油岩大面积接触,有利于油气向三叠系地层运移(图6)。观城洼陷热演化程度低,生烃条件差,这决定

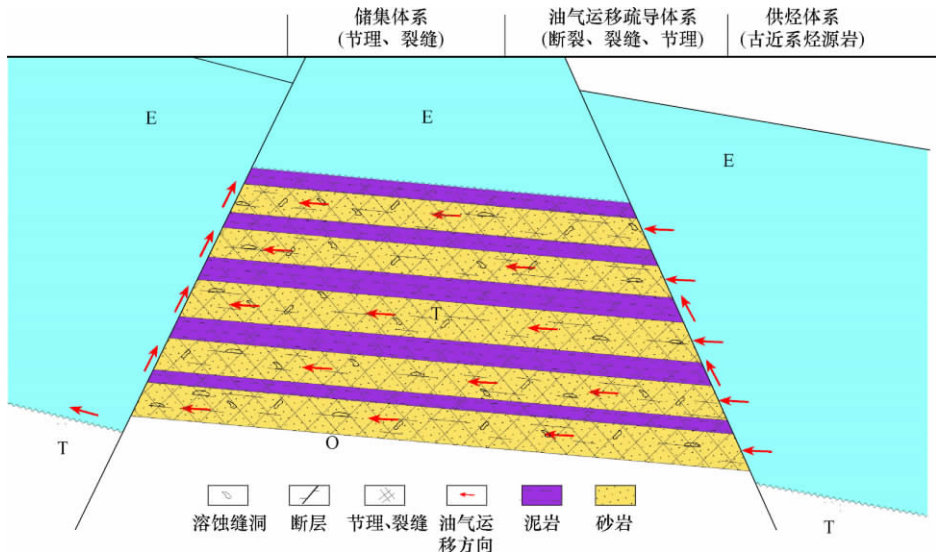


图 6 文明寨地区油气成藏模式

Fig. 6 Pool-forming patterns in Wenmingzhai area

了文明寨东卫77地垒带油气富集、文明寨主体垒带次之、西垒带贫瘠的油藏分布特点。三叠系基质砂岩致密,物性差,低孔、低渗(孔隙度为0.4%~7.2%、平均为2.5%,渗透率为 $0.194 \times 10^{-3} \sim 0.375 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、平均为 $0.184 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$),储集性能差,不含油。野外露头 and 岩心观察表明,三叠系砂岩在裂缝区域上广泛分布,为主要的储集类型。裂缝的发育程度控制油气的富集与分布。卫77-4岩心观察发现,三叠系顶不整合面沉积了一套泥岩,平面分布稳定,为区域性盖层。三叠系地层内部泥岩中裂缝不发育,可构成局部盖层。

5 油气藏分布规律

地质综合评价显示,东濮凹陷北部中央隆起带三叠系油藏属于新生古储的潜山型油气藏,原油类型多为低成熟到近成熟。油气来源于潜山周边的古近系生油岩,富集于紧邻生油洼陷有利的构造发育带内。东濮凹陷北部中央隆起带、西部斜坡带、濮城构造带及文明寨地区发育较厚的三叠系地层,紧邻古近系生烃中心,三叠系潜山生、储、盖组合配置关系良好,具有较好油气成藏条件,是下一步勘探的有利区带。

参 考 文 献

- [1] 肖斌. 东濮凹陷油气资源评价问题探讨[J]. 石油学报, 2003, 24(4): 17-25.
Xiao Bin. Discussion about evaluation of oil and gas resources in Dongpu Depression[J]. Acta Petrolei Sinica 2003, 24(4): 17-25.
- [2] 辛茂安. 东濮凹陷下第三系油气生成及资源预测[M]. 北京: 石油工业出版社, 1987: 1-4.
- [3] 范昌育, 王震亮, 李萍. 新构造运动对东濮凹陷北部古近系烃源岩生烃的影响及其对浅层油气成藏的意义[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(3): 386-392.
Fan Changyu, Wang Zhenliang, Li Ping. Influence of Neotectonics on hydrocarbon generation in the Paleogene source rocks of the northern Dongpu Depression and its implications for the forming of oil/gas pools in shallow strata [J]. Oil & Gas Geology 2010, 31(3): 386-392.
- [4] 冯英, 胡晓辉, 苑克红, 等. 东濮凹陷砂岩裂缝油藏特征及富集规律[J]. 断块油气田, 2009, 16(4): 25-27.
Feng Ying, Hu Xiaohui, Yuan Kehong, et al. Characteristics of fractured sandstone reservoir and its enrichment regularity in Dongpu Depression[J]. Fault-block Oil & Gas Field 2009, 16(4): 25-27.
- [5] 慕小水, 何锋, 顾勤, 等. 渤海湾盆地东濮凹陷濮卫洼陷带复杂岩性油气藏形成条件与成藏规律[J]. 石油实验地质, 2009, 31(5): 472-477, 484.
Mu Xiaoshui, He Feng, Gu Qin, et al. Complex lithologic reservoir formation condition and laws in Puwei sub-depression, Dongpu Sag, Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment 2009, 31(5): 472-477, 484.
- [6] 崔廷主, 马学萍. 三维构造建模在复杂断块油藏中的应用——以东濮凹陷马寨油田卫95块油藏为例[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 198-205.
Cui Tingzhu, Ma Xueping. An application of 3D structural modeling to complex fault-block reservoirs—a case of the lower unit reservoir of Sha-3 Member in Block Wei-95, Mazhai oilfield, Dongpu Depression [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(2): 198-205.
- [7] 刘丽, 任战利. 东濮凹陷热演化史研究[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(4): 419-423, 444.
Liu Li, Ren Zhanli. Thermal evolution of Dongpu Sag [J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(4): 419-423, 444.
- [8] 王运所, 刘亚洲, 贾斌峰, 等. 东濮凹陷庆祖集地区断裂对油气成藏控制作用浅析[J]. 断块油气田, 2010, 17(3): 304-308.
Wang Yunsuo, Liu Yazhou, Jia Bin Feng, et al. Control of fracture system on hydrocarbon pooling in Qingzuiji Region of Dongpu Depression[J]. Fault-block Oil & Gas Field 2010, 17(3): 304-308.
- [9] 冯建辉, 谈玉明, 罗小明, 等. 东濮凹陷白庙构造油气源与成藏史[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(2): 130-135.
Feng Jianhui, Tan Yuming, Luo Xiaoming, et al. Hydrocarbon origin and reservoir history of Baimiao field in Dongpu Depression. [J]. Oil & Gas Geology 2003, 24(2): 130-135.
- [10] 任战利, 冯建辉, 崔军平, 等. 东濮凹陷杜桥白地区天然气气源岩分析[J]. 沉积学报, 2003, 21(2): 350-359.
Ren Zhanli, Feng Jianhui, Cui Junping, et al. Analysis on gas-source rocks correlation in Duqiaobai area of Dongpu Depression [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2003, 21(2): 350-359.
- [11] 王子洪, 苏惠, 曾探, 等. 东濮凹陷柳屯环洼深层油气成藏条件分析[J]. 天然气工业, 2004, 24(6): 15-17.
Wang Zihong, Su Hui, Zeng Tan, et al. Analyzing the conditions of forming deep-seated oil/gas geservoirs around Liutun Sag in Dongpu Depression [J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(6): 15-17.
- [12] 彭君, 武晓玲, 何显莉, 等. 东濮凹陷马厂地区油气聚集规律[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2003, 22(1): 100-103.
Peng Jun, Wu Xiaoling, He Xianli, et al. Oil and gas accumulating law in Machang area, Dongpu Depression [J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science) 2003, 22(1): 100-103.

- [J]. Coal Geology & Exploration, 2004, 32(2): 48–50.
- [15] 余继峰, 李增学. 测井数据小波变换及其地质意义[J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32(3): 336–339.
Yu Jifeng, Li Zengxue. Wavelet transform of logging data and its geological significance [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2003, 32(3): 336–339.
- [16] 李霞, 范宜仁, 邓少贵. Morlet 小波在测井层序地层划分中的应用[J]. 勘探地球物理进展, 2006, 29(6): 403.
Li Xia, Fan Yiren, Deng Shaogui. Application of Morlet wavelet in sequence stratigraphic division on well-logging data [J]. Progress in Exploration Geophysics, 2006, 29(6): 403.
- [17] 张顺存, 陈丽华, 周新艳, 等. 准噶尔盆地克百断裂下盘二叠系砂砾岩的沉积模式[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(6): 740–746.
Zhang Shuncun, Chen Lihua, Zhou Xinyan, et al. Sedimentary model of the Permian sandy conglomerate in the footwall of the Kebai Fault, the Junggar Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(6): 740–746.
- [18] 赵伟, 姜在兴, 邱隆伟, 等. 小波分析划分层序单元的地质学理论基础、方法与应用[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(4): 436–441.
Zhao Wei, Jiang Zaixing, Qiu Longwei, et al. Geological concept, method and application of sequence unit identification through wavelet analysis [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(4): 436–441.
- [19] 宋亮, 张营革, 苏朝光, 等. 断陷湖盆陡坡带砂砾岩体真构造恢复与内幕旋回划分——以车镇凹陷北带中浅层近岸扇体为例[J]. 石油地球物理勘探, 2010, 45(S1): 119.
Song Liang, Zhang Yingge, Su Chaoguang. True structure recovery and internal cycle division in glutenite in the steep slope zone of faulting-depression basin—an example from the middle-shallow near-shore fans in the northern of Chechen Sag [J]. Oil Geophysical Prospecting, 2010, 45(S1): 119.

(编辑 高 岩)

(上接第181页)

- [13] 蒋飞虎, 邓瑞健, 杨静, 等. 中原油气区中生代-古生代地层[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006: 12–21.
- [14] 徐永昌, 沈平, 刘文汇, 等. 未熟-低熟油的同位素组成特征及判别标志[J]. 科学通报, 2001, 46(10): 867–872.
Xu Yongchang, Shen Ping, Liu Wenhui, et al. Isotopic composition characteristics and identification marks of unmaturing and low mature oil [J]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46(10): 867–872.
- [15] 朱光有, 金强, 戴金星, 等. 东营凹陷沙四中段盐湖相烃源岩研究[J]. 高校地质学报, 2004, 10(2): 257–266.
Zhu Guangyou, Jin Qiang, Dai Jinxing, et al. Investigation on the salt lake source rocks for Middle Shashi Column of Dongying Depression [J]. Geological Journal of China Universities, 2004, 10(2): 257–266.
- [16] 史继扬, 汪本善. 苏北盆地生油岩中甾、萜的地球化学特征和我国东部低成熟的生油岩与原油[J]. 地球化学, 1985, 14(1): 80–88.
Shi Jiyang, Wang Benshan. Geochemical features of sterane and terpane in source rocks from the Subei Basin and immature crude oils and source rocks in the eastern part of China [J]. Geochimica, 1985, 14(1): 80–88.
- [17] 赵广珍, 张家政, 张源智, 等. 白音查干凹陷西洼低熟油特征及成藏规律[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(5): 4–7.
Zhao Guangzhen, Zhang Jiazheng, Zhang Yuanzhi, et al. Characteristics and pool forming regularity of immature oil in western Baiyinchagan depression, Erlan basin. [J]. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(5): 4–7.

(编辑 李 军)

(上接第221页)

- [13] 刘志文. 乌尔逊凹陷油气运移方向研究[J]. 断块油气田, 2008, 15(5): 31–33.
Liu Zhiwen. Migration direction of oil and gas in Wuersun depression [J]. Fault Block Oil & Gas Field, 2008, 15(5): 31–33.
- [14] 秦雁群, 邓宏文, 丁寒生. 乌尔逊-贝尔凹陷构造调节带特征、成因机制及其地质意义[J]. 现代地质, 2009, 23(5): 872–879.
Qin Yanqun, Deng Hongwen, Ding Hansheng. Characteristic, geologic meaning and forming mechanisms of the structural accommodation zones in Wuersun-Beier depression [J]. Geoscience, 2009, 23(5): 872–879.
- [15] Cross T A. Stratigraphic controls on reservoir attributes in continental strata [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 322–350.
- [16] 邓宏文. 高分辨率层序地层学应用中的问题探析[J]. 古地理学报, 2009, 11(5): 471–480.
Deng Hongwen. Discussion on problems of applying high resolution sequence stratigraphy [J]. Journal of Palaeogeography, 2009, 11(5): 471–480.

(编辑 董 立)