

文章编号: 1000-0550(2012)04-0739-08

# 辽东湾辽西凹陷沙河街组烃源岩评价及油源研究<sup>①</sup>

梁建设 张功成 苗顺德 李友川 陈桂华

(中海油研究总院 北京 100024)

**摘要** 辽西凹陷沙河街组是否发育烃源岩,是该凹陷油气勘探首要问题。以源控论为基本指导思想,从沉积相研究入手,通过烃源岩地球化学分析、盆地模拟及油源对比,综合评价了辽西凹陷沙河街组烃源岩。在大量地震资料及单井资料分析基础上,认为辽西凹陷沙河街组发育大规模中深湖相,特别是辽西中洼沙四段发育中深湖相沉积,具备形成烃源岩的先决条件。通过在该凹陷取的33个油样及48个岩样分析,认为沙河街组烃源岩有机显微组分组成中腐泥组和壳质组含量普遍较高,富含浮游藻类,干酪根类型为I~II型。盆地模拟认为辽西凹陷生烃门限约2500m,沙三段进入生烃门限,具备大规模生烃条件,沙一段未进入生烃门限。通过油源对比分析,辽西凹陷原油的4-甲基甾烷/C<sub>29</sub>规则甾烷比值基本上都大于0.5,三芳甾烷/三芳甲藻烷值分布范围0.94~3.88,均值为1.51,与沙三段烃源岩具有很高的相似性,因此,认为沙三段和沙四段是辽西凹陷油气的主力烃源岩层段。有机相和沉积相综合分析认为,辽西凹陷沙河街组烃源岩整体优越,但各次洼烃源岩分布有一定差异性,中洼发育2套沙河街组烃源岩,生烃潜力巨大,南洼沙三段烃源岩最好,北洼烃源岩规模最小。

**关键词** 烃源岩 地球化学分析 油源对比 沙河街组 辽西凹陷

**第一作者简介** 梁建设 男 1965年出生 博士 石油地质 E-mail: liangjsh@cnooc.com.cn

中图分类号 TE122.1<sup>+</sup>15 文献标识码 A

源控论是陆相石油地质理论的重要成果之一<sup>[1]</sup>,它强调油气藏(田)受烃源岩分布的控制<sup>[2,3]</sup>,烃源岩是油气生成、运聚的物质基础。我国近海盆地的主要油气发现都是围绕富生烃凹陷展开的<sup>[4]</sup>。沙河街组是渤海湾盆地烃源岩发育主要层段,以沉积环境沉积相分析为基础,通过地球化学手段进行烃源岩分析<sup>[5]</sup>,确定辽西凹陷烃源岩生烃能力,明确凹陷的勘探前景。

## 1 地质概况

辽东湾地区位于渤海东北部海域,为渤海湾盆地的一个次级构造单元<sup>[6]</sup>,面积 $2.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,可划分为“三凹二凸”共5个次级构造单元,自西向东分别是辽西凹陷、辽西低凸起、辽中凹陷、辽东凸起和辽东凹陷(图1)。辽西凹陷东部为辽西低凸起,西部为燕山褶皱带,北部与辽河西部凹陷相连,面积约3830 km<sup>2</sup>。该凹陷为古近纪—第四纪发育的断陷,呈北北东—南南西向展布,由北、中、南3个洼陷组成。经过近40年的油气勘探,在辽西凹陷发现了多个大中型油气田,其中,旅大5-2油田、锦州9-3油田和旅大4-

2油田3个油田共探明储量达到1.19亿吨,充分说明该凹陷具有很好的勘探前景。

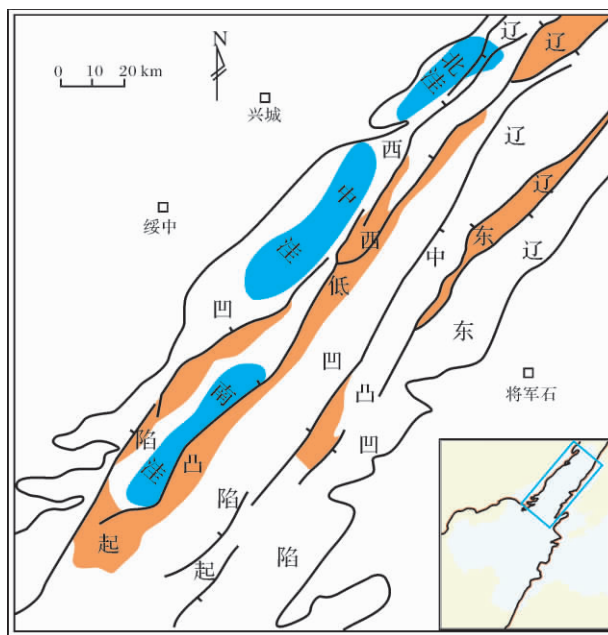


图1 辽东湾拗陷构造单元划分图

Fig. 1 Tectonic framework of Liaodong bay

<sup>①</sup>国家科技重大专项项目23“近海大中型油气田形成条件及勘探技术”(编号:2008ZX05023)课题1“近海富烃凹陷资源潜力再评价和新区、新领域勘探方向”(编号:2008ZX05023-001)资助。  
收稿日期:2012-02-12;收修改稿日期:2012-04-10

前人对辽东湾及辽西凹陷古近系构造演化、沉积充填特征及石油地质条件等方面进行了深入研究<sup>[7-8]</sup>。总体认为辽东湾古近纪的构造演化可划分为3个阶段:即古新世—始新世中期的伸展张裂陷阶段(56~38 Ma)、始新世晚期—渐新世早期第一裂后热沉降阶段(38~32.8 Ma)、渐新世东营期走滑拉分与再次裂陷阶段(32.8~24.6 Ma)。相应沉积了孔店组、沙河街组和东营组,其中沙河街组和东营组均发育烃源岩,是辽东湾油气的主要来源(表1)。但是,由于辽西凹陷处于辽东湾拗陷西缘,其周边发育秦皇岛、绥中、兴城和小凌河等水系,通常认为沙河街组属于近源快速沉积,沉积物粒度较粗,沙河街组主

要发育滨浅湖相,难以形成较好的烃源岩<sup>[9]</sup>。很多人认为在辽东湾地区主力烃源岩为沙一段,沙三段次之,东营组生烃能力最差<sup>[10,11]</sup>。但辽西凹陷处于盆地边缘的独特地理位置决定了它与辽东湾其他凹陷烃源岩有很大的差异性。对辽西凹陷沙四段及沙三段烃源岩分布规律及规模认识不清楚,导致辽西凹陷资源潜力评价不高。因此,本文通过辽西凹陷沉积充填研究,在33个油样及48个岩样分析基础上,综合分析该凹陷沙河街组烃源岩特征,经过典型油源对比参数研究,进行油气藏油源对比分析,确定主力烃源岩层位,对辽西凹陷沙河街组烃源岩重新认识。

表1 辽东湾拗陷地层发育特征综述

Table 1 Stratigraphic division of Liaodong bay

界	系	统	岩石地层				岩性剖面	界面年龄 (Ma)	地震反射 界面	层序单元划分				孢粉组合	藻类组合		
			组	段	亚段	代号				二级		三级					
										界面	层序组	界面	层序组				
新近系	中新统	明化镇组	上			$N_2m^u$	2.6						Ulmipollenites-Chenopodiopsis-Magnastriatites组合				
			下			$N_2m^l$	5.3	$T_0^1$	SSB <sub>7</sub>	平原组+明上段层序组(SSQ <sub>7</sub> )	SE <sub>7</sub>	明上段层序(SQ <sub>7</sub> <sup>1</sup> )					
			馆陶组	上			$N_1g^u$	12.0	$T_0$		明下段+馆陶组层序组(SSQ <sub>4</sub> )	SE <sub>6</sub> <sup>3</sup>	明下段层序(SQ <sub>4</sub> <sup>1</sup> )	Magnastriatites-Caryapollenites-Liquidambarpollenites组合			
				下			$N_1g^l$	20.2				SE <sub>6</sub> <sup>2</sup>	馆上段层序(SQ <sub>4</sub> <sup>2</sup> )	Pineaceae-Betulaceae-Sporotrapoidites组合			
		渐新统	东营组	末一段			$E_3d^1$	23.3	$T_2$	SSB <sub>6</sub>		SE <sub>6</sub>	馆下段层序(SQ <sub>4</sub> <sup>1</sup> )				
				东二段	上			$E_3d^{2u}$	27.4			SE <sub>5</sub> <sup>4</sup>	东一段层序(SQ <sub>5</sub> <sup>4</sup> )	Juglandaceae-betulaceae组合	Comasphaeridium-Leciosphaeridium组合		
					下			$E_3d^{2l}$	30.3			SE <sub>5</sub> <sup>3</sup>	东二段上段层序(SQ <sub>5</sub> <sup>3</sup> )		Conicoidium-Prominangularia组合		
				东三段				$E_3d^3$	32	$T_3$	SSB <sub>5</sub>		SE <sub>5</sub> <sup>2</sup>	东二段下段层序(SQ <sub>5</sub> <sup>2</sup> )	Ulmipollenites-piceapollenites-Tsugapollenites组合		
			沙河街组	沙一段			$E_3s^1$	38.0	$T_4$		沙一段+沙二段层序组(SSQ <sub>4</sub> )	SE <sub>4</sub> <sup>2</sup>	沙一段层序(SQ <sub>4</sub> <sup>2</sup> )	Quercoidites-Meliaceoidites组合	Sentusidinium组合		
				沙二段				$E_3s^2$	39.5	$T_5$	SSB <sub>4</sub>		SE <sub>4</sub>	沙二段层序(SQ <sub>4</sub> <sup>1</sup> )	Ephedripites-Rutaceopollis组合 Taxodiaceopolliteselongatus-Alnipollenites-Polypodiaceasporites组合	Comasphaeridium组合	
			始新统	沙河街组	沙三段	上			$E_3s^{3u}$	42.0	$T_6^3$	SSB <sub>3</sub>		SE <sub>3</sub>	沙三段上段层序(SQ <sub>3</sub> <sup>3</sup> )	Quercoidites-microhenrici-Quercoidites-minutus组合	Filisphearidium-asperum-Conicoidium-tuberculatum-Bipolarbawina组合
					中			$E_3s^{3M}$				SE <sub>3</sub> <sup>2</sup>	沙三段中层序(SQ <sub>3</sub> <sup>2</sup> )		Bohaidina granulata-Bohaidina retirugosa组合		
				下			$E_3s^{3L}$	50.5	$T_7^1$	SSB <sub>2</sub>		SE <sub>2</sub>	沙三段下段层序(SQ <sub>3</sub> <sup>1</sup> )				
				沙四段	上			$E_3s^{4u}$				沙四段层序组(SSQ <sub>2</sub> )	?	?	Ephedripites-Ulmipollenites-Quercoidites组合	Deflandrea组合	
		古近系	孔店组	孔一段			$E_{1,2}k^1$	65.0	$T_8$	SSB <sub>1</sub>		SE <sub>1</sub>		Ephedripites-Ulmipollenites-minor-Rhoipites-Schizaeisporites组合			
				孔二段			$E_{1,2}k^2$					?	?	Ulmoidipites-Momipites-Podocapitites组合			
				孔三段			$E_{1,2}k^3$							Parahipollenites-Betulaepollenites-plicoidites-Aquilapollenites组合			

## 2 沉积充填特征

辽西凹陷内有13口井钻遇沙三段地层,无井钻遇沙四段地层,因此,通过单井相分析及地震剖面反射类比研究,认为辽西凹陷沙河街组沉积具有下列特点:

(1) 发育多种沉积相类型,构成多种沉积体系。滨湖到深湖相、扇三角洲(近岸水下扇)、辫状河三角洲、正常三角洲及与浊积有关的盆底扇等沉积相,这些相类型构成正常湖相泥岩—滩坝、三角洲(扇三角洲)—浊积扇、水下扇—浊积扇等沉积体系。

(2) 沉积体展布受构造格局控制,形成南北分块的沉积格局。南洼沙四段不发育,沙三段为扇三角洲—滨浅湖相沉积;中洼沙四段、沙三段物源供给小,扇三角洲相不太发育,中深湖相为主;北洼沙四段以滨浅湖—半深湖相沉积为主,沙三段发育扇三角洲—中深湖相沉积,中深湖相面积较大。

(3) 从沙河街组沉积演化特征来看,沙四段分布在辽西中洼,没有大物源输入影响,水体深而安静,主要发育深湖—半深湖沉积。沙三下段在整个辽西凹陷均有分布,受物源输入影响,沉积类型多而丰富,以扇三角洲—滨湖相—浅湖—半深湖相为主。沙三中分布范围比沙三下有所扩大,并在辽西低凸起北部较低部位与辽中凹陷相连通,形成统一湖盆,从凹陷周缘向凹陷中央发育扇三角洲—盆地扇—中深湖沉积体系,形成了另外一套烃源岩(图2)。

总体来看,辽西凹陷沙四段和沙三段主要发育扇三角洲—滨浅湖相—中深湖相。从中深湖相分布规模来看,辽西中洼沙四段发育大规模中深湖相;沙三下段受物源供给充足影响,中深湖面积很小,南洼面积最大,中洼次之,北洼面积最小;沙三中段物源供给变小,中深湖相面积很大,主要分布在中洼,南洼规模次之,北洼规模较小。

## 3 烃源岩特征分析

### 3.1 有机显微组分特征及有机质类型

辽西凹陷构造格局可以划分为北洼、中洼和南洼,从钻井有机质分析来看,各洼陷有机显微组分和有机质类型有一定的差异(表2)。辽西凹陷北洼沙三段烃源岩孢藻组合中普遍有较高含量的浮游藻类,有机屑含量较高,以无定形含量最高(图3),腐泥组和壳质组含量普遍大于80%,有机质类型主要为II<sub>1</sub>型(图4);沙一段烃源岩有机质类型主要为II<sub>1</sub>型,也

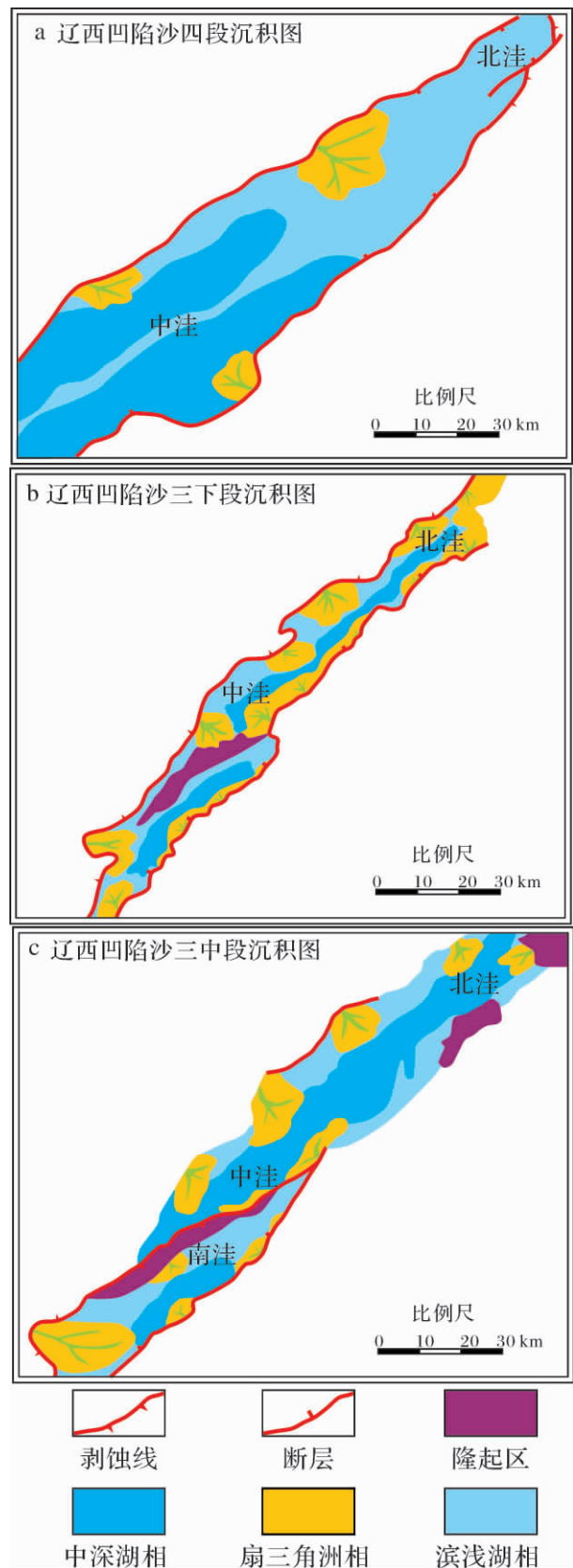


图2 辽西凹陷沙河街组沉积相图

Fig. 2 Sedimentary facies of Es in Liaoxi depression

有 I 和 II<sub>2</sub> 型; 东下段烃源岩有机质类型为 II<sub>1</sub> 和 II<sub>2</sub> 型。辽西凹陷中洼沙三段烃源岩腐泥组和壳质组含量普遍小于 80% , 孢藻组合中浮游藻类含量较高, 有机质类型中 II<sub>1</sub> 型有机质较少, 而 II<sub>2</sub> 型较多; 沙一段烃源岩有机质类型主要为 II<sub>1</sub> 型; 东下段烃源岩有机质类型为 II<sub>1</sub> 和 II<sub>2</sub> 型。钻井未揭示辽西凹陷南洼有代表性的沙河街组和东三段烃源岩, 其东下段烃源岩的有机质类型主要为 II<sub>1</sub> 和 II<sub>2</sub> 型。综合分析结果, 辽西凹陷沙三段烃源岩有机显微组分组成的总体特征是腐泥组和壳质组含量普遍较高, 北洼有机质类型优于中洼。

辽西凹陷内由于无井钻遇沙四段中深湖相, 采用类比方法研究沙四段烃源岩。辽西凹陷与辽河盆地西部凹陷经历了相似的构造运动, 沉积了相似的地层, 具备类比研究的基本条件。通过类比研究认为, 沙

四段地层干酪根类型以 II 型为主, 同时发育 I 型干酪根, 由此认为辽西凹陷沙四段也能形成良好的烃源岩。

表 2 辽西凹陷烃源岩干酪根镜检统计分析

Table 2 Source rock kerogen types analysis of Liaoxi depression

次凹	层段	I	II <sub>1</sub>	II <sub>2</sub>	III	样品数
北凹	东二下段	2.63	42.11	50	5.26	38
	东三段	5.88	69.12	25	0	68
	沙一、二段	14.81	55.56	25.93	3.7	27
	沙三段	0	82.05	17.95	0	39
中凹	东二下段	0	62.5	25	12.5	8
	东三段	18.57	68.75	12.5	0	16
	沙一、二段	0	100	0	0	5
	沙三段	11.11	27.78	55.56	5.56	18
南凹	东二下段	0	52.63	36.84	10.53	19
	东三段	0	0	0	100	2
	沙一、二段	0	66.67	0	33.33	3
	沙三段	0	0	0	100	2

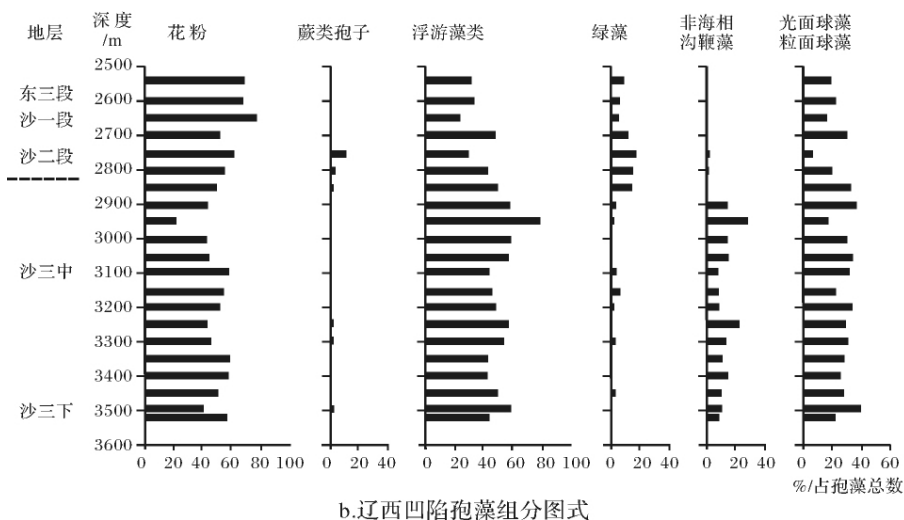
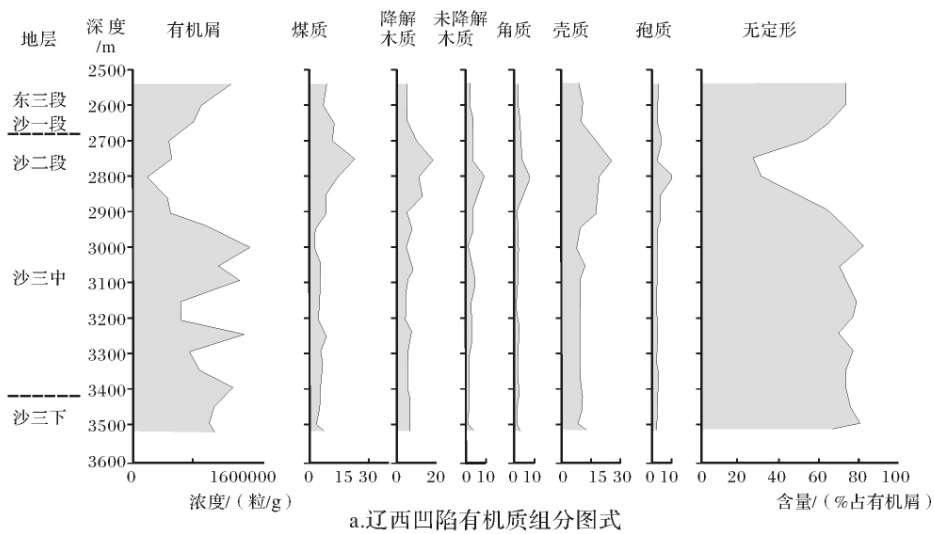


图 3 辽西凹陷有机质组分及孢藻组合图式

Fig. 3 Organic composition of Liaoxi depression

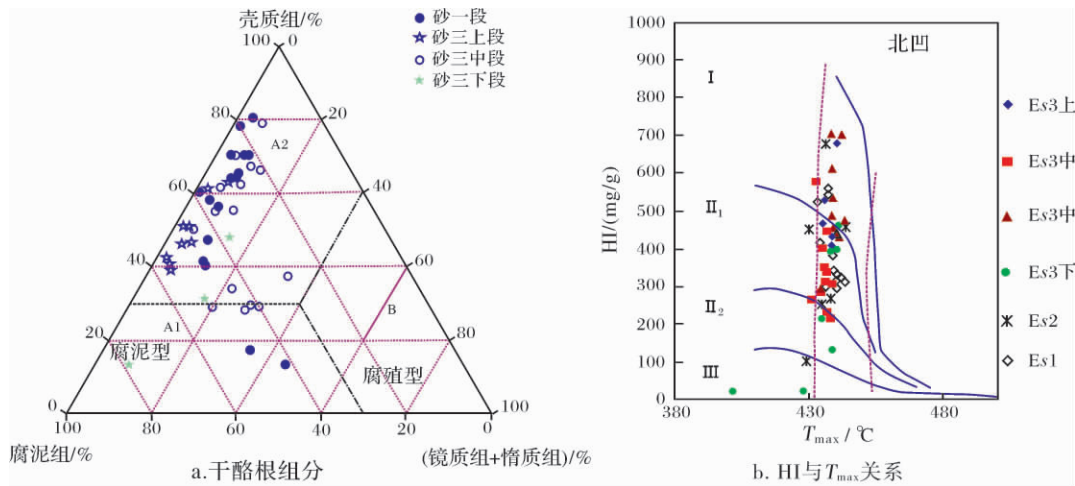


图 4 辽西凹陷沙河街组烃源岩特征分析

Fig. 4 Source rock characteristics of Es in Liaoxi depression

3.2 烃源岩热演化

从镜质体反射率 ( $R_o\%$ ) 及  $T_{max}$  与深度关系看 辽西凹陷总体生烃门限深度约 2 500 m ,同时辽西凹陷存在由北向南成熟门限深度增加的趋势(图 5)。辽西凹陷沙三段埋深普遍大于 2 500 m ,因此 烃源岩处于成熟阶段; 沙一段和东营组埋深普遍小于 2 500 m ,因而 烃源岩处于未成熟—低成熟阶段。

3.3 烃源岩地球化学分析

通过地球化学参数综合分析,认为辽西凹陷沙三段烃源岩有机显微组分组成的总体特征是腐泥组和壳质组含量普遍较高,北洼沙三段主要发育好—很好的烃源岩,中洼沙三段主要发育中等—好的烃源岩,沙四段发育中深湖相,类比认为干酪根类型为 I ~ II 型,为好—很好烃源岩。辽西凹陷沙一段烃源岩普遍

可以达到好—很好烃源岩标准。从总烃含量、生烃潜力指数、有机碳含量等指标综合分析来看,辽西南、中、北洼沙河街组烃源岩的有机质丰度差异较大,北洼烃源岩地球化学指标最高,中洼中等,南洼较低(图 6)。

4 油源对比分析

通过原油地球化学分析可以看出,辽西凹陷原油的 4-甲基萘/ $C_{29}$  规则甾烷 ( $C_{29}\text{-4-Mst}/C_{29}\text{st}$ ) 比值基本上都大于 0.5,仅 1 个原油 (JZ21-H-1S) 低于 0.4 (图 7)。与其他地区研究结果可做一对比,如渤中地区的沙三段烃源岩的 ( $C_{29}\text{-4-Mst}/C_{29}\text{st}$ ) 值大于 0.4 的约占 44% (9 个); 沙一段烃源岩为 0.11 ~ 0.55,平均为 0.32; 而东三段烃源岩为 0.09 ~ 0.34,平均仅为

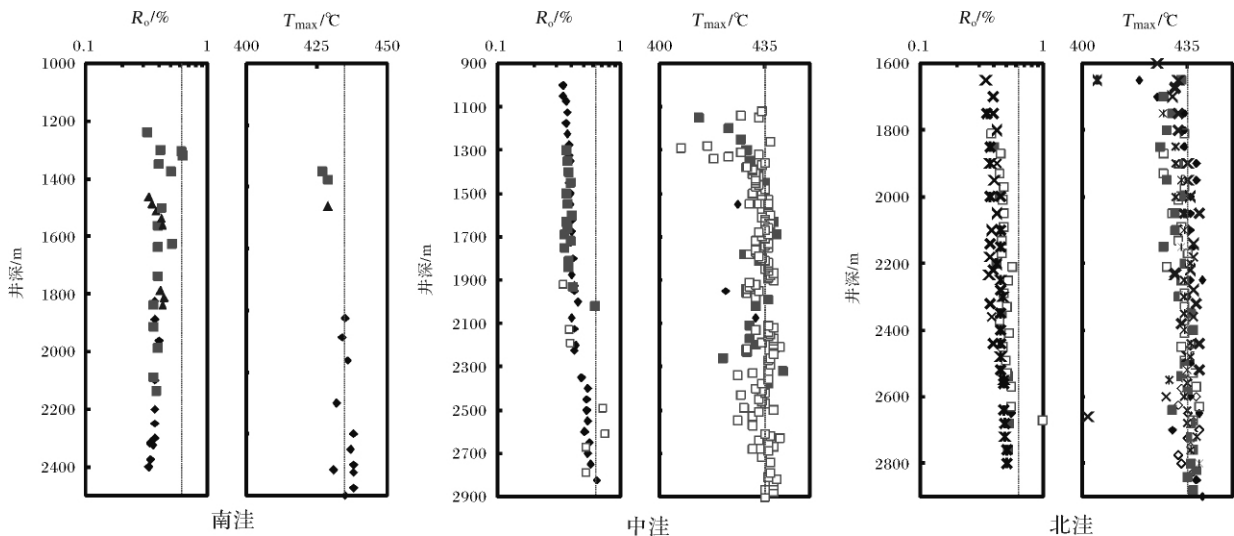


图 5 辽西凹陷镜质体反射率 ( $R_o\%$ ) 及  $T_{max}$  与深度关系图

Fig. 5 Vitrinite reflectance ( $R_o\%$ ) and  $T_{max}$  correlation with depth in Liaoxi depression

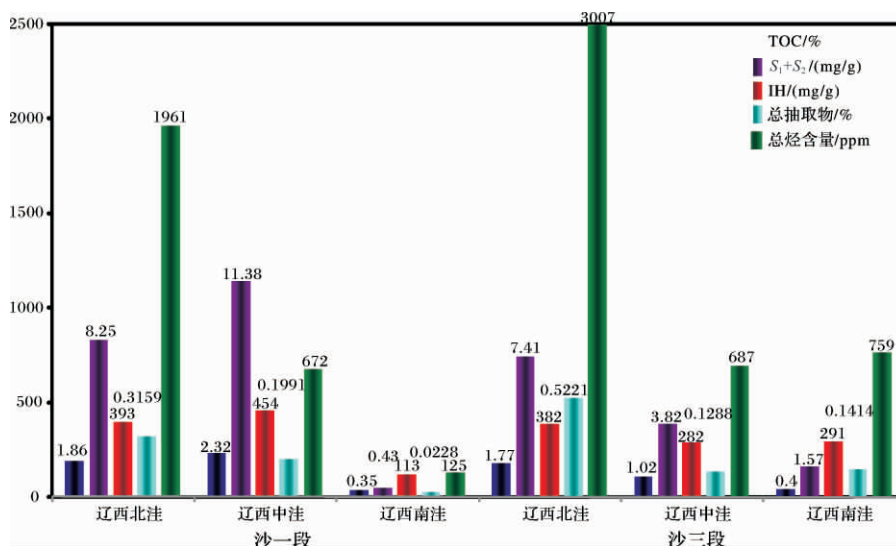


图6 辽西凹陷沙河街组烃源岩有机质丰度对比

Fig. 6 Organic abundance of Es in Liaoxi depression

0.20。显然 4-甲基甾烷/ $C_{29}$  规则甾烷参数表明辽西凹陷原油与沙三段和沙四段源岩关系密切。另外 辽西凹陷原油中未见典型的沙一段油源油(其特征是伽玛蜡烷高; 4-甲基甾烷很低而甲藻甾烷相对丰富)。

辽西凹陷原油 14 个原油样品的三芳甾烷/三芳甲藻烷值分布范围 0.94 ~ 3.88, 均值为 1.51。根据前人对渤中地区的研究结果<sup>[12]</sup>, 典型沙三段油源油的三芳甾烷/三芳甲藻烷值分布范围 1 ~ 1.5; 而东三段下源岩的三芳甾烷/三芳甲藻烷值分布范围 1.87 ~ 12.58, 均值较高, 为 6.06 (8 个样品)。对比来看, 辽西凹陷的主要油源层也应主要为沙三段和沙四段烃源岩。

## 5 烃源岩分布特征

以辽西凹陷沉积相及地球化学指标综合分析, 认为辽西凹陷沙河街组半深湖—深湖相烃源岩质量最好, 其次是浅湖—半深湖相烃源岩。受油积岩或扇三角洲影响的半深湖—深湖烃源岩与浅湖或前三角洲沉积环境形成的烃源岩相当; 其它沉积环境形成的烃源岩生烃潜力很小。因此, 辽西凹陷烃源岩条件整体都很优越。但每个次洼烃源岩潜力相差较大。北洼地球化学指标最高, 但是从有机相和沉积相分析结果来看, 辽西凹陷沙三段烃源岩中洼优于北洼和南洼。沙三段沉积时期, 辽西凹陷北洼和中洼均为半深湖—深湖沉积, 但北洼面积小, 中洼受到一定规模的扇三角洲沉积影响, 不利于有机质保存, 影响了这 2 个次洼的沙三段生烃潜力。辽西凹陷南洼为浅湖—半深

湖沉积, 受扇三角洲的影响较小, 有利于有机质的保存, 而且南洼烃源岩规模大, 因此烃源岩综合分析来看, 南洼沙三段烃源岩最好, 生烃潜力最大。

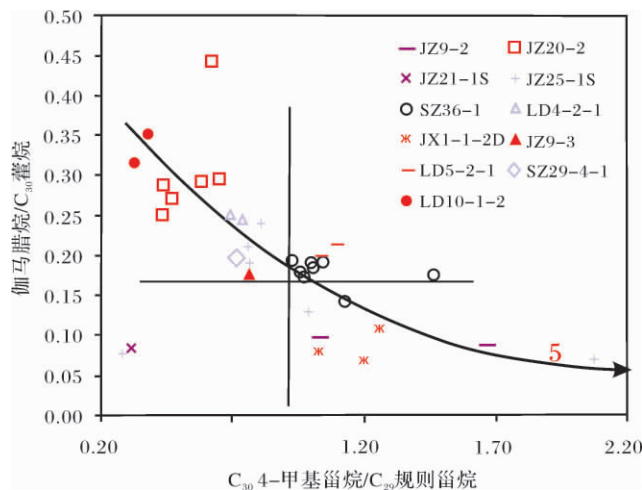


图7 原油 4-甲基甾烷与伽马蜡烷参数相关图

Fig. 7  $C_{30}$  4-Me-Sterane and gammacerane correlation

辽西凹陷中洼沙四段烃源岩具有很大的生烃潜力。胜利油区沙四段烃源岩形成于半深湖—浅湖亚相的咸水—盐湖环境, 有机质丰度高, 有机质类型好, 以 I 和 II<sub>1</sub> 型为主; 辽河油区沙四段烃源岩也形成于浅湖—半深湖环境, 不仅有机质丰度高, 而且有机质类型好, 以 I 和 II<sub>1</sub> 型为主。辽中凹陷南部 LD17 井也揭示了较好的沙四段烃源岩(表 3)。辽西凹陷中洼普遍发育沙四段沉积, 并且在辽西凹陷中洼的西南部有较大范围的沙四段半深湖—深湖沉积, 与辽河油

区和胜利油区的沉积特征具有相似性。由于沙四段烃源岩发育,因此,辽西中洼烃源岩为2套,从有机相和沉积相综合分析,认为辽西中洼生烃潜力巨大,是下一步勘探的重点地区。

表3 辽东湾沙四段烃源岩有机地球化学特征

Table 3 Geochemistry characteristics of Es<sub>4</sub> in Liaodong bay

地化指标	范围	平均	样品数
TOC/%	0.62~3.11	1.80	7
S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> /(mg/g)	2.02~18.99	7.76	7
HI/(mg/g)	179~601	359	7

## 6 结论

(1) 单井相和地震相综合分析认为辽西凹陷沙河街组沉积相类型丰富,发育扇三角洲—滨浅湖—中深湖相等,其中沙三段、沙四段地层发育大规模中—深湖相,为烃源岩发育提供了物质基础。

(2) 从地球化学指标分析来看,辽西凹陷沙三段烃源岩有机质类型好、丰度高、生烃潜力大。通过与邻区具有相似构造背景的凹陷类比认为,沙四段地层中深湖相发育,有机质类型好,大部分处于生烃门限内,是该凹陷主要烃源岩层之一。沙一段处于生烃门限之上,生烃能力有待进一步研究。

(3) 通过辽西凹陷原油组分与烃源岩层类比研究认为,沙三段、沙四段是该凹陷主要油气来源层。

(4) 辽西凹陷烃源岩总体十分优越,呈南北分块特征。北洼沙三段地化指标最高,但烃源岩规模小,因而,生烃潜力较小;中洼沙三段地化指标中等,但发育沙三段和沙四段2套烃源岩,规模很大,因此,具有巨大的生烃潜力;南洼沙三段地化指标较低,但烃源岩规模大,因而,生烃潜力较大。

## 参考文献 (References)

- 赵文智,张光亚,王红军. 石油地质理论新进展及其在拓展勘探领域中的意义[J]. 石油学报, 2005, 26(1): 1-12 [Zhao Wenzhi, Zhang Guangya, Wang Hongjun. New achievements of petroleum geology theory and its significances on expanding oil and gas exploration field[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(1): 1-12]
- 胡朝元. 生油区控制油气田分布—中国东部陆相盆地进行区域勘探的有效理论[J]. 石油学报, 1982, 2(2): 9-13 [Hu Chaoyuan. Source bed controls hydrocarbon habitat in continental basins, east China[J]. Acta Petrolei Sinica, 1982, 2(2): 9-13]
- 周兴熙. 源-盖共控论述要[J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(6): 4-7 [Zhou Xingxi. A review of petroleum controlled by Source-seal [J]. Petroleum Exploration and Development, 1997, 24(6): 4-7]
- 邓运华. 试论中国近海两个坳陷带油气地质差异性[J]. 石油学报, 2009, 30(1): 1-8 [Deng Yunhua. Analysis on difference of petroleum type and geological conditions between two depression belts in China offshore[J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(1): 1-8]
- Tissot B P, Welte D H. Petroleum Formation and Occurrence [M]. New York: Springer-Verlag, 1984: 40-150
- 漆家福, 陈发景. 辽东湾—下辽河裂陷盆地的构造样式[J]. 石油与天然气地质, 1992, 13(3): 272-283 [Qi Jiafu, Chen Fajing. Structural style in Liaodongwan-Xiaohaohe basin [J]. Oil & Gas Geology, 1992, 13(3): 272-283]
- 王祥, 王应斌, 吕修祥, 等. 渤海海域辽东湾坳陷油气成藏条件与分布规律[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(3): 342-351 [Wang Xiang, Wang Yingbin, Lü Xiuxiang, et al. Hydrocarbon accumulation conditions and distribution patterns in the Liaodong Bay Depression, the Bohai Sea [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(3): 342-351]
- 吕丁友, 杨明慧, 周心怀, 等. 辽东湾坳陷辽西低凸起潜山构造特征与油气聚集[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 490-496 [Lü Dingyou, Yang Minghui, Zhou Xinhuai, et al. Structural characteristics and hydrocarbon accumulation in the buried hills of the Liaoxi low salient, the Liaodong Bay Depression [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 490-496]
- 朱筱敏, 董艳蕾, 杨俊生, 等. 辽东湾地区古近系层序地层格架与沉积体系分布[J]. 中国科学: D 辑, 2008, 38(增1): 1-10 [Zhu Xiaomin, Dong Yanlei, Yang Junsheng, et al. Sequence framework and sediment system of Eocene in Liaodong Bay area [J]. Science in China: Series D, 2008, 38(Suppl 1): 1-10]
- 田金强, 邹华耀, 周心怀, 等. 辽东湾地区烃源岩生物标志物特征与油源对比[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2011, 35(4): 53-58 [Tian Jingqiang, Zou Huayao, Zhou Xinhuai, et al. Biomarker characteristics of source rocks and oil-source correlation in Liaodong Bay [J]. Journal of China University of Petroleum, 2011, 35(4): 53-58]
- 姜雪, 邹华耀, 庄新兵, 等. 辽东湾地区烃源岩特征及其主控因素[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2010, 34(2): 31-37 [Jiang Xue, Zou Huayao, Zhuang Xinbin, et al. Characteristics of hydrocarbon source rocks in Liaodong Bay area and its main controlling factors [J]. Journal of China University of Petroleum, 2010, 34(2): 31-37]
- 王培荣, 张大江, 宋孚庆, 等. 区分渤中坳陷三套烃源岩的地球化学参数组合[J]. 中国海上油气, 2004, 16(3): 157-160 [Wang Peirong, Zhang Dajiang, Song Fuqing, et al. The comprehensive geochemical parameters for distinguishing three sets of source rock in Bozhong depression [J]. China Offshore Oil and Gas, 2004, 16(3): 157-160]

## Evaluation of Shahejie Source Rock and Oil Source Research in the Liaoxi Depression , Liaodong Bay , China

LIANG Jian-she ZHANG Gong-cheng MIAO Shun-de

LI You-chuan CHEN Gui-hua

( China Offshore Oil Research Institute , Beijing 100024)

**Abstract:** The main reason for bad potential evaluation of Liaoxi depression is that hydrocarbon generation of  $Es^3$  and  $Es^4$  cannot be recognized , which is the principal issue of hydrocarbon exploration in Liaoxi depression. Based on source control theory and sedimentary faces study , analyzed geochemistry characteristics , through basin modeling and oil source research , we evaluated Shahejie Fm. source rock comprehensively. Based on a great quantity of seismic and well material , we identified fan delta faces-coastal shallow-lake faces-middle-deep lake faces of Shahejie Fm. in Liaoxi depression , especially middle deep lake face of  $Es^4$ . Source supply is sufficient in lower segment of  $Es^3$  and the size of middle-deep lake is very small , its area of southern sag is largest , smaller in middle sag and least in northern sag. Source supply becomes smaller in middle segment of  $Es^3$  and the size of middle-deep lake is very big that mainly locates in middle sag. The area of southern sag is larger and smaller in northern sag. Mud. stone of middle-deep lake face is the precondition of forming source rock. Through 33 oil samples and 48 rock samples analysis of Liaoxi depression , we concluded that content of sapropelic and exinite of organic material is commonly higher and rich of planktonic algae in Shahejie Fm. source rock. Its kerogen type is I-II. Basin modeling concluded that hydrocarbon generating threshold is 2 500 m ,  $Es^3$  source rock below this depth and  $Es^1$  source rock is upper this depth. After oil-source correlation research , we considered that oil geochemistry characteristics are similar with source rock geochemistry of  $Es^3$  and  $Es^4$  in Liaoxi depression. Hence ,  $Es^3$  and  $Es^4$  source rock is the most important oil source in Liaoxi depression. With organic faces and sedimentary faces researching , organic material of  $Es$  source rock is entirely rich. But there are some differences of these sags in Liaoxi depression. Geochemical indexes of northern sag of Liaoxi depression are higher , subordinate of middle sag , lower of southern sag. From distributions of middle-deep lake face , the author identified small scale of middle-deep lake face of  $Es^3$  is developed in northern sag of Liaoxi depression , large scale of middle-deep lake face of  $Es^3$  and  $Es^4$  are developed in middle sag of Liaoxi depression , and large scale of middle-deep lake face of  $Es^3$  is developed in southern sag of Liaoxi depression. Middle sag of Liaoxi depression has a large potentiality of hydrocarbon generation , smaller in southern sag and least in northern sag based on comprehensive analysis.

**Key words:** source rock; geochemistry; oil-source correlation; Shahejie Formation; Liaoxi depression