

# Geochemical Characteristics of Source Rocks in Jinzhou 25-1 Area

Yao Gao<sup>1</sup>, Jing Zheng<sup>1</sup>, Jie Liang<sup>2</sup>, Xuemei Lin<sup>1</sup>, Xu Wang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Oil and Gas Geology and Development Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Daqing Oilfield Downhole Operation Branch a Workover Team, China National Petroleum Corporation, Daqing Heilongjiang

Email: 1823589868@qq.com

Received: Jul. 28<sup>th</sup>, 2017; accepted: Aug. 11<sup>th</sup>, 2017; published: Aug. 17<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Three sets source rocks are distributed in the Jinzhou 25-1 region, namely, the third member of Shahejie formation, the first member of Shahejie Formation and the three member of Dongying formation. This study based on the study of three sets source rocks of the drilling wells from geochemistry, from the aspects of organic carbon content, kerogen macerals, vitrinite reflectance  $R_o$  and features of biomarkers, discusses three sets mud/shale geochemical characteristics and hydrocarbon generation potential in Liaoxi low uplift. Study shows that the hydrocarbon source rocks in this region have high abundance of organic matter, organic macerals show  $II_1$  type organic matter of containing dominant exinite components, hydrocarbon generation ability for oil type organic matter; the maturity of the source rocks in the  $Es_3$  section is in the mature to oil generating peak stage, and the maturity of source rocks in the  $Ed_3 - Es_1$  is in immature stage, it can be seen that the main source rocks in this area are  $Es_3$ , and the secondary hydrocarbon source rocks are  $Ed_3$  and  $Es_1$ ; the characteristics of biomarkers in this area are characterized by "high content of 4-methyl steroids and abundance of dinoflagellate", the regular steroids are asymmetric V type, and the organic compounds are dominated by fresh water and dinoflagellate, which are dominated by lower aquatic organisms and algae, and are characterized by a mixed source parent.

## Keywords

Jinzhou 25-1, Source Rocks, Geochemical Characteristics, Biomarkers

---

# 锦州25-1地区烃源岩地球化学特征研究

高耀<sup>1</sup>, 郑晶<sup>1</sup>, 梁杰<sup>2</sup>, 林雪梅<sup>1</sup>, 王旭<sup>1</sup>

<sup>1</sup>成都理工大学油气地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都

<sup>2</sup>中国石油天然气集团公司大庆油田井下作业分公司修井一大队, 黑龙江 大庆

Email: 1823589868@qq.com

收稿日期: 2017年7月28日; 录用日期: 2017年8月11日; 发布日期: 2017年8月17日

## 摘要

在锦州25-1地区分布三套生油岩系, 分别为沙河街组沙三段、沙一段及东营组东三段。此次研究通过对该区多口钻井的三套层系烃源岩进行地球化学特征研究, 从有机碳含量、干酪根有机显微组分、镜质体反射率 $R_o$ 以及生物标志化合物特征等方面, 讨论了辽西低凸起三套泥/页岩地球化学特征及生烃潜力。研究认为该区烃源岩有机质丰度高, 有机质显微组分显示为含壳质组组分占优势的 $II_1$ 型有机质类型, 为生烃能力强的油型有机质; 该区 $Es_3$ 段烃源岩的成熟度处于成熟~生油高峰阶段,  $Ed_3$ ~ $Es_1$ 烃源岩成熟度处于未成熟阶段, 可见该区主力烃源岩为 $Es_3$ 段, 次要烃源岩层为 $Ed_3$ 、 $Es_1$ 段; 该区生物标志物特征总体上表现为“4-甲基甾烷含量高, 甲藻甾烷丰富”, 规则甾烷为不对称V型, 淡水、富沟鞭藻类沉积有机相, 以低等水生生物和藻类占优势, 陆源有机质为辅的混合型的母源特征。

## 关键词

锦州25-1, 烃源岩, 地球化学特征, 生物标志物

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

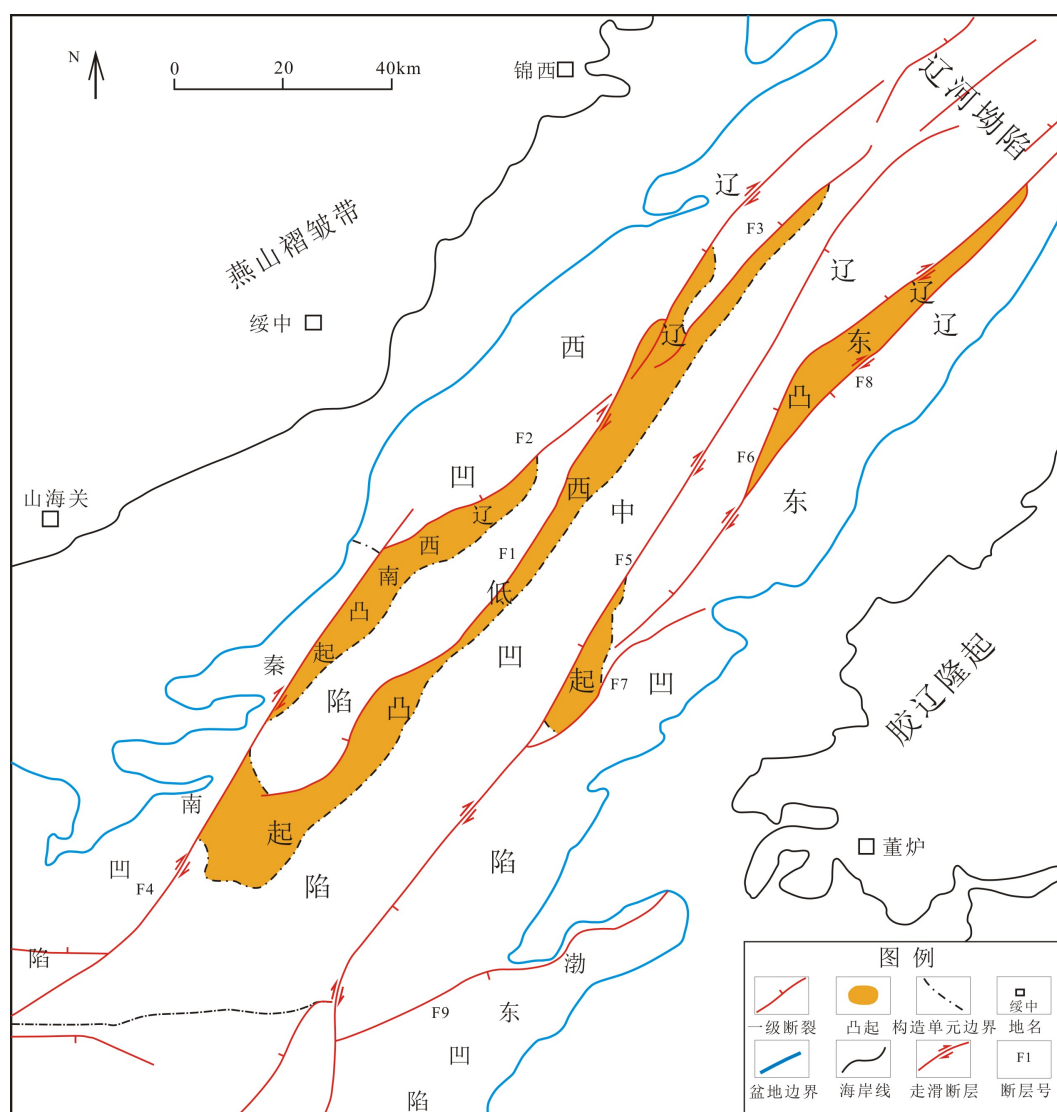
近年来, 地球化学特征研究在理论和应用方面取得了迅速发展, 成为近代地球化学研究不可缺少的一部分, 其在揭示沉积盆地演化历史、沉积环境及沉积物物质来源等方面, 越来越多应用于实际研究[1] [2] [3] [4] [5]。曹剑等[1]认为, 元素地球化学性质的不同会使原油中的元素组成出现差异, 基本不发生或少发生变化的元素, 即可能是好的油源对比指标, 为油源对比提供理论基础。白宪洲等[2]认为通过对区域层位的地球化学特征研究, 结合区域的其他资料分析沉积物特征, 进而为油气资源的物源区提供依据。邓南涛等[3]认为进行不同层段暗色泥岩、碳质泥岩及油页岩样品等相关地球化学实验分析, 可以建立烃源岩的地球化学和地球物理综合识别标志, 以揭示烃源岩的空间分布规律, 进而为区域内油气资源深入勘探提供地质依据。

渤海油田是中国东部一个重要的产油区, 近年来随着辽东湾地区勘探深入, 发现的锦州 25-1 油田是目前渤海最大的轻质油田, 是首次在辽西凹陷发现的油气当量超过亿吨的优质油田[6] [7]。目前很多学者对锦州地区 25-1 地区油气藏分布规律、成藏过程、资源评价等方面进行了深入研究[6] [7] [8]。田立新等[7]认为, 锦州 25-1 大型轻质油气田的形成具有大型圈闭群、充足的烃源岩、大型优质储集体系与完美的储盖组合、断层与砂体复合输导等有利的静态成藏要素的完美配置。对于地球化学特征研究前人主要通过通过对区域典型样品的有机碳含量、碳氧同位素和热成熟度方面进行探讨研究[9] [10] [11]。此次对研究区的不同层系烃源岩进行地球化学特征研究, 从有机碳含量、干酪根有机显微组分、镜质体反射率  $R_o$  以及生物标志化合物特征方面, 进行多层次多标准分析验证, 从而对该区烃源岩的地球化学特征及生烃潜力进行一个准确的综合评价。

## 2. 地质背景

辽西低凸起位于渤海湾盆地东北部辽东湾地区,长 174 km,宽 4~9 km,面积 1150 km<sup>2</sup>。辽西低凸起东邻辽中凹陷,西以辽西一号断层为界与辽西凹陷相邻,呈北北东向展布,具有“凹中隆”的特点,是油气聚集的有利区带。辽西低凸起被东西相邻的辽西凹陷和辽中凹陷所夹持,辽西凹陷和辽中凹陷均为东断西超,各个凹陷由北向南又均可细分为北、中、南三个次洼(图 1) [12] [13]。

构造上辽东湾地区分为辽西凹陷、辽西凸起、辽中凹陷、辽东凸起、辽东凹陷共 5 个次级构造单元。前人研究认为中生代至古近纪早期(42 Ma 之前),由于扬子板块向北楔入,持续作用于华北板块,太平洋板块向北北西向俯冲,使北北东向的郯庐断裂带发生左旋走滑运动[14]。晚始新世沙三期(42 Ma 以来),太平洋板块转为北西西向俯冲,使郯庐断裂带转为右旋走滑运动[15]。渐新世东营期(32.8~24.6 Ma),渤海湾盆地东西两侧的走滑构造系统加剧了走滑运动,盆地局部派生挤压应力场,伸展作用减弱,而反转构造和花状构造在走滑构造带上比较发育。中新世馆陶期(24.6 Ma 至今)开始,盆地便进入拗陷阶段[16]。



**Figure 1.** Geographical location and tectonic zoning map of paleogene in Liaoxi low uplift  
**图 1.** 辽西低凸起地区地理位置及古近纪构造区划图(修改自吕丁友, 2009)

锦州 25-1 地区钻遇地层为新近系明化镇组、馆陶组、古近系东营组、沙河街组一段、二段、三段，基底为前第三系地层。基底前第三系主要包括太古界、中上元古界变质岩、花岗岩，古生界碳酸盐岩和中生界火成岩地层，且不同部位基底的时代和岩性不同。古近纪主要为断陷期，沉积了孔店组、沙河街组和东营组，以泥岩与碳酸盐岩互层为主，且均夹有红色岩层，总体上为干旱环境下的小型湖泊沉积和冲积扇沉积。新近系为裂后拗陷期沉积，自下而上为馆陶组和明化镇组，在全区为一套辫状河到曲流河的陆源粗碎屑沉积[17][18][19]。

### 3. 锦州 25-1 地区暗色泥岩的分布

在研究区锦州 25-1 地区分布三套生油岩系，分别为沙河街组沙三段、沙一段及东营组东三段。沙三段以暗色泥岩或油页岩为主，沉积环境主要为湖泊环境，边缘发育扇三角洲或水下扇，是主力烃源岩发育层段；该区的沙一段为特殊岩性段，暗色泥岩与油页岩较为广泛发育，底部为生物碎屑灰岩、碎屑云岩，为湖泊和碳酸盐生物滩环境；该区的东三段为深灰色泥岩夹砂岩透镜体，其以湖泊沉积环境为主，主要为区域盖层，但在辽中凹陷的深洼部位也可以成熟供烃。

对锦州 25-1 地区三套烃源岩地层的泥岩厚度统计发现，东营组地层厚度为 674 m~1083 m，中、下段暗色泥岩十分发育，具有地层厚度大，泥岩单层厚度大，泥/地、暗泥/地比高，都在 90%左右，该套地层在构造部位可作为区域性的盖层有较强的封盖性能，在埋藏较深的凹陷部位，埋藏深热演化高，可作为一套潜在的烃源岩。沙一段在该区地层分布相对较薄，地层厚度小于 100 m，泥岩以褐灰色、灰色、浅灰色为主，泥/地、暗泥/地高，一般在 80%左右。沙三段在本区大多数的钻井并未钻穿该套地层，在该区揭示厚度为 200 m~800 m，在构造高部位揭示的厚度大，近洼带揭示的厚度较小，根据揭示地层来看，沙三段泥岩质纯，颜色以黑色、灰黑色、褐灰色、浅灰色为主，泥/地、暗泥/地变化较大，泥/地、暗泥/地比值在 50%~60%左右。

### 4. 锦州 25-1 地区烃源岩地球化学特征

#### 4.1. 有机质丰度

通过对该区 JZ25-1-3、JZ25-1-4、JZ25-1-5、JZ25-1-6、JZ25-1-8 五口钻井的暗色泥岩岩屑生油岩有机地球化学参数统计，根据陈义才[20]对有机碳含量、氯仿沥青“A”、总烃的研究标准，研究该地区有机质丰度特征(表 1)。

**Table 1.** Organic matter abundance statistics forms of hydrocarbon source rocks in Jinzhou 25-1 area

**表 1.** 锦州 25-1 地区烃源岩有机质丰度统计表

井号	地层	深度范围, m	TOC, %	S <sub>1</sub> + S <sub>2</sub> , mg/g	氯仿沥青“A”, %	总烃, ppm
JZ25-1-3	Es <sub>3</sub>	2000~2475	1.53(5)	7.25(5)	0.23(5)	928.79(5)
JZ25-1-4	Es <sub>3</sub>	2450~2800	3.21(9)	20.15(9)	0.94(9)	3299.17(9)
JZ25-1-5	Es <sub>3</sub>	2425~2850	1.93(14)	9.44(14)	0.47(14)	1625.72(9)
JZ25-1-6	Es <sub>1</sub>	1810~1900	2.44(3)	12.5(3)	0.25(3)	869.83(3)
	Es <sub>3</sub>	2100~2910	3.05(22)	16.06(22)	0.49(22)	2424.15(22)
	E <sub>d</sub>	1400~2260	1.90(9)	8.53(9)	0.16(9)	516.83(9)
JZ25-1-8	Es <sub>1</sub>	2260~2370	3.43(5)	21.88(5)	0.61(4)	2115.25(4)
	Es <sub>3</sub>	2450~2756	2.49(10)	8.92(10)	0.30(9)	1209.19(9)

沙三段单井泥岩有机碳含量(TOC)平均值范围为 1.53%~3.21%,  $S_1 + S_2$  范围为 7.25 mg/g~20.15 mg/g, 氯仿沥青“A”平均含量为 0.23%~0.94%, 总烃含量为 1209.19 ppm~3299.17 ppm, 氯仿沥青“A”/TOC(油气转化率)一般在 15%以上, 最高达 30%~40%, 具有极高的转化率, 可见锦州 25-1 地区沙三段烃源岩有机质丰度具有有机碳含量高、生油潜量高、可溶有机质含量高及有机质转化率高的特点。

沙一段仅在 JZ25-1-6、JZ25-1-8 两口井有分析资料, 其中 JZ25-1-6 井 1810 m~1900 m 有 3 块暗色泥岩岩屑样品, 其 TOC 的平均值为 2.44%,  $S_1 + S_2$  平均为 12.5 mg/g, 氯仿沥青“A”平均为 0.25%, 总烃平均为 869.83 ppm; JZ25-1-8 井 2260 m~2370 m 有 5 块暗色泥岩岩屑样品, 其 TOC 的平均值为 3.43%,  $S_1 + S_2$  平均为 21.88 mg/g, 氯仿沥青“A”平均为 0.61%, 总烃平均为 2115.25 ppm; 两口井在沙一段均表现了为较好烃源岩。

东营组只有在 JZ25-1-8 井有分析资料, 1400 m~2260 m 深度段有 9 块泥岩岩屑样品, 样品有机碳平均为 1.90%,  $S_1 + S_2$  为 8.53 mg/g, 氯仿沥青“A”为 0.16%, 总烃含量为 516.83 ppm, 总的来看该井东营组有机碳含量高, 但转化率较低。

## 4.2. 有机质类型

对锦州 25-1 地区 JZ25-1-3、JZ25-1-4、JZ25-1-5 三口井干酪根有机显微组分鉴定, 根据陈义才[20]对干酪根的显微组分特征研究, 分析认为该区干酪根主要的显微组分中壳质体占绝对优势、其次为腐泥组与镜质组, 惰质组份分布少(表 2)。腐泥组分中含有较多的腐泥无定型组分与少量的藻类体; 在壳质组分中, 主要亚组分为腐殖无定型组份占 50%~90%, 其次为壳质碎屑体与孢粉体, 占 1%~3%, 无树脂体、木栓质体等亚组分, 镜质组分中的亚组分为常规镜质体, 无富氢镜质体; 惰质组含量稀少。从显微组分组成来看, 主要生油组分为腐泥组中的腐泥无定型组分与壳质组中的腐泥无定形组分, 表明有机质为水生生物与陆源有机质的混合型有机质, 其中陆源有机质是经过一定的改造作用。可知锦州 25-1 地区沙三段泥岩主要生成石油的母质有机质类型为腐殖 - 腐泥型(II<sub>1</sub>)。

该区沙三段烃源岩干酪根 C、H、O 元素分析表明(表 2), 干酪根具有较高的 H/C 比与较低的 O/C 比, 根据蒂索有机质类型划分方案[21], 有机质主要类型为腐殖 - 腐泥型(II<sub>1</sub>型), 少量为腐泥 - 腐殖型(II<sub>2</sub>型)。

该区沙三段泥岩热解氢指数(HI)在 353 mg 烃/g~775 mg 烃/g, 根据陈义才等对应用氢指数对源岩干酪根分类方法的研究[20], 认为 HI 大于 650 mg 烃/g, 有机碳为 I 型有机质、HI 在 650 mg 烃/g~300 mg 烃/g, 有机碳为 II<sub>1</sub> 有机质, 可知该区的烃源岩氢指数高, 通过烃源岩热解氢指数判断该区沙三段泥岩有机质类型主要为 II<sub>1</sub>, 含少量的 I 型有机质。

通过干酪根镜下鉴定、有机元素、岩石热解等地球化学资料研究表明, 辽西低凸起烃源岩有机质主要类型为有机质类型以 II<sub>1</sub> 型为主, 含少量的 II<sub>2</sub> 型, 少见 I 型、III 型有机质。

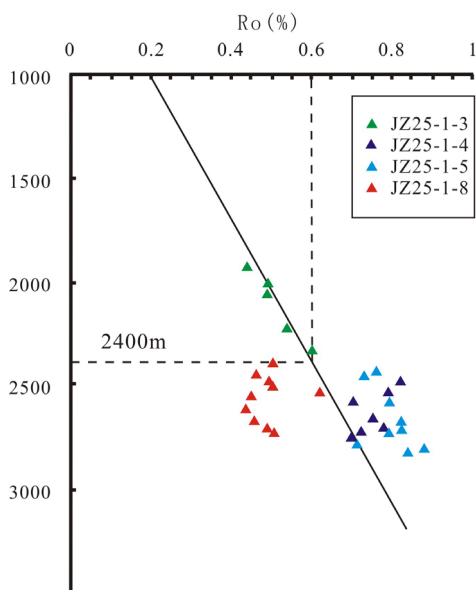
## 4.3. 有机质成熟度

根据锦州 25-1 地区四口井镜质体反射率  $R_o$  的实测资料(表 3), 得出该区镜质体反射率与深度的关系图(图 2)。根据陈义才对镜质体反射率演化阶段的研究[20],  $R_o$  小于 0.5% 为未成熟, 0.5%~0.7% 为低成熟, 0.7%~1.0% 为成熟, 因此分析认为近中洼的 JZ25-1-3、JZ25-1-4、JZ25-1-5 在 2000 m 左右  $R_o$  达到 0.5%, 开始进入生烃门限, 数据主体分布在  $E_{s3}$ , 即  $E_{s3}$  的  $R_o$  主体为 0.65%~0.85%, 为低成熟~成熟; 近北洼的 JZ25-1-8 在 2400 m 左右  $R_o$  达到 0.5%, 有机质进入生烃门限, 主体为未成熟或低成熟。通过对锦州 25-1 地区实测镜质体反射率( $R_o$ , %)分析, 对于陆相烃源岩开始大量生排烃对应的  $R_o$  一般为 0.6%, 因此在辽西低凸起大量生排烃的平均深度为 2400 m, 在构造高部位生排烃深度为 2200 m, 低部位生排烃的深度为 2600 m。总体上辽西低凸起的  $E_{s3}$  段烃源岩已经进入低成熟~生油高峰阶段。



**Table 2.** Statistical classification forms of kerogen organic macerals in Jinzhou 25-1 area**表 2.** 锦州 25-1 地区干酪根有机显微组分统计类型划分表

井号	地层	井深(m)	热解	元素组成		干酪根显微组分, %				类型
			HI	H/C	O/C	腐泥组	壳质组	镜质组	惰性组	
JZ25-1-3	Es <sub>2</sub>	1930.86	231	1.18	0.27	5	79	15	1	II <sub>2</sub>
		2000~2025	453	1.45	0.27	13	82	5	0	II <sub>1</sub>
	Es <sub>3</sub>	2050~2075	461	1.46	0.25	8	89	3	0	II <sub>1</sub>
		2225~2250	438	1.4	0.25	5	87	6	1	II <sub>1</sub>
		2325~2350	395	1.36	0.22	4	90	5	1	II <sub>1</sub>
		2525~2550	775	1.11	0.07	9	88	3	0	II <sub>1</sub>
		2550~2575	451	1.13	0.11	5	88	5	2	II <sub>1</sub>
JZ25-1-4	Es <sub>3</sub>	2575~2600	471	1.21	0.12	7	89	3	1	II <sub>1</sub>
		2600~2625	508	1.14	0.1	7	87	4	2	II <sub>1</sub>
	2650~2675	529	1.15	0.2	4	92	3	1	II <sub>1</sub>	
	2700~2725	529	1.14	0.11	8	88	3	1	II <sub>1</sub>	
	2725~2750	584	1.22	0.05	2	96	2	0	II <sub>1</sub>	
	2775~2800	667	1.24	0.04	4	93	2	1	II <sub>1</sub>	
	2425~2450	395	1.13	0.31	32	52	15	1	II <sub>1</sub>	
	2475~2500	426	1.23	0.14	12	83	5	0	II <sub>1</sub>	
	2500~2525	531	1.21	0.1	12	86	2	0	II <sub>1</sub>	
	2525~2550	505	1.23	0.08	8	89	3	0	II <sub>1</sub>	
JZ25-1-5	Es <sub>3</sub>	2550~2575	456	1.21	0.12	6	92	2	0	II <sub>1</sub>
		2575~2600	465	1.21	0.11	7	89	3	1	II <sub>1</sub>
		2600~2625	374	1.1	0.27	4	88	7	1	II <sub>1</sub>
		2675~2700	353	1.08	0.21	4	87	8	1	II <sub>1</sub>
		2700~2725	460	1.11	0.2	7	90	2	1	II <sub>1</sub>
		2725~2750	426	1.16	0.2	8	88	3	1	II <sub>1</sub>

**Figure 2.** Relationship between vitrinite reflectance (Ro) and depth in source rocks of Jinzhou 25-1 area**图 2.** 锦州 25-1 地区烃源岩镜质体反射率(Ro)与深度关系图

**Table 3.** Measured data of vitrinite reflectance in Jinzhou 25-1 area**表 3.** 锦州 25-1 地区镜质体反射率实测数据表

井号	样品深度(m)/层位	镜质体反射率 Ro (%)	井号	样品深度(m)/层位	镜质体反射率 Ro (%)
JZ25-1-3	1945/Es <sub>2</sub>	0.44	JZ25-1-4	2480/Es <sub>3</sub>	0.82
	2000/Es <sub>3</sub>	0.5		2535/Es <sub>3</sub>	0.79
	2046/Es <sub>3</sub>	0.5		2582/Es <sub>3</sub>	0.7
	2220/Es <sub>3</sub>	0.54		2655/Es <sub>3</sub>	0.76
	2320/Es <sub>3</sub>	0.6		2720/Es <sub>3</sub>	0.78
	2403/Es <sub>2</sub>	0.5		2735/Es <sub>3</sub>	0.72
	2440/Es <sub>2</sub>	0.46		2755/Es <sub>3</sub>	0.71
JZ25-1-8	2483/Es <sub>3</sub>	0.49	JZ25-1-5	2435/Es <sub>3</sub>	0.76
	2510/Es <sub>3</sub>	0.5		2450/Es <sub>3</sub>	0.73
	2542/Es <sub>3</sub>	0.62		2585/Es <sub>3</sub>	0.79
	2552/Es <sub>3</sub>	0.45		2684/Es <sub>3</sub>	0.82
	2610/Es <sub>3</sub>	0.44		2720/Es <sub>3</sub>	0.82
	2653/Es <sub>3</sub>	0.46		2740/Es <sub>3</sub>	0.78
	2685/Es <sub>3</sub>	0.49		2780/Es <sub>3</sub>	0.72
	2702/Es <sub>3</sub>	0.51		2810/Es <sub>3</sub>	0.88
				2840/Es <sub>3</sub>	0.84

## 5. 烃源岩生物标志物特征

### 5.1. 烃源岩的环境参数特征

甾烷 C<sub>27</sub>、C<sub>28</sub>、C<sub>29</sub> 相对含量能够反映烃源岩中水生生物与陆源有机质的相对大小, 一般 C<sub>27</sub> 甾烷来源于低等水生生物和藻类, C<sub>29</sub> 甾烷来源于藻类和陆源高等植物[22]。梅博文等认为 Pr/Ph 比值为 0.2~0.8 时, 沉积环境为咸水深湖相, 0.8~2.8 时为淡 - 微咸湖相, 2.8~4.0 时为淡水湖泊相[23]。

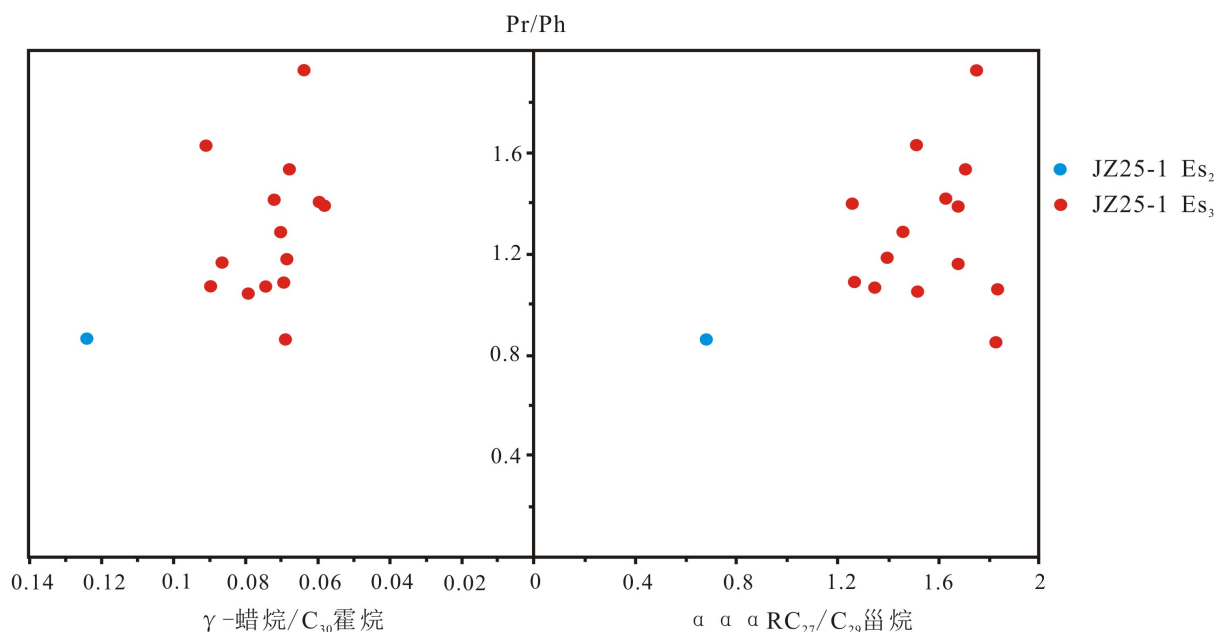
图 3 为锦州 25-1 地区 Es<sub>3</sub> 段烃源岩 Pr/Ph 与  $\gamma$ -蜡烷/C<sub>30</sub> 藿烷、 $\alpha\alpha\alpha$ RC<sub>27</sub>/C<sub>29</sub> 甾烷对比图, 从图中可以看出该取 Pr/Ph 在 0.8~1.8,  $\gamma$ -蜡烷/C<sub>30</sub> 藿烷为 0.08~0.1、 $\alpha\alpha\alpha$ RC<sub>27</sub>/C<sub>29</sub> 甾烷在 1.2~1.8, 表明烃源岩沉积时期为弱还原~还原, 水体含盐度较低, 有机质输入以水生生物和藻类占优势, 陆源有机质为辅的混合型的母源特征(图 3)。

### 5.2. 烃源岩甾烷、萜烷指纹分布特征

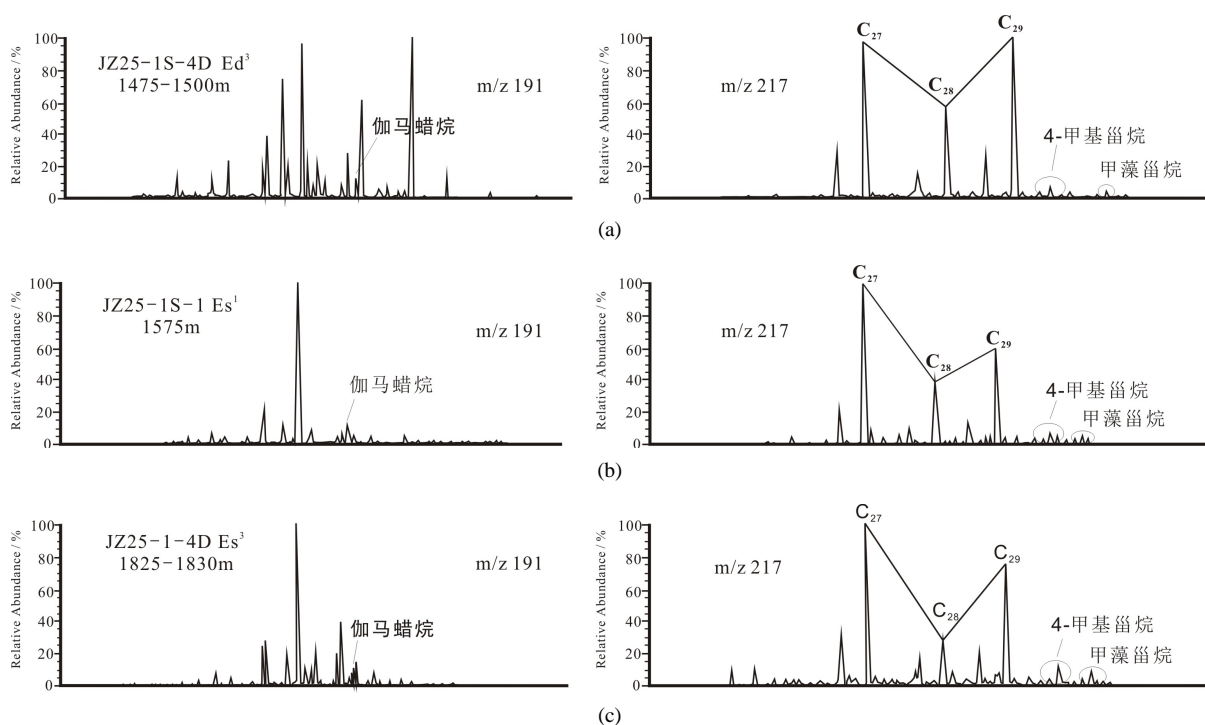
傅家谟等认为淡水沉积物中具有 4-甲基甾烷优势, 并且沟鞭藻主要在淡水沉积中繁盛[24]。Whelan 等认为甲藻甾烷来源于甲藻甾醇或甲藻烷醇, 并且看来是唯一由沟鞭藻提供。伽马蜡烷是许多湖相石油和沥青中的主要生物标记化合物, 且伽马蜡烷被认为是咸水还原沉积环境的标志物[25]。

辽西低凸起东三段烃源岩  $\alpha\alpha\alpha$ RC<sub>27</sub>、C<sub>28</sub>、C<sub>29</sub> 规则甾烷指纹分布表现为 C<sub>29</sub> 略大于 C<sub>27</sub> 的“V”字型分布, 4-甲基甾烷丰度高, 伽马蜡烷含量中等, 甲藻甾烷含量丰富, 表现为淡水、富沟鞭藻沉积有机相的特征(图 4)。

辽西低凸起沙一段仅有 JZ25-1S-1 井的一个代表岩样, 该岩样表现为规则甾烷指纹呈 C<sub>27</sub> > C<sub>29</sub> 的不对称“V”字型分布特征, 4-甲基甾烷丰度高, 伽马蜡烷较为丰富, 甲藻甾烷含量丰富, 可见沙一段源岩的沉积环境与东三段相似, 但水体盐度较东三段明显增高(图 4)。



**Figure 3.** Pr/Ph,  $\gamma$ -wax alkane/C<sub>30</sub> hopanes and  $\alpha\alpha\alpha$ RC<sub>27</sub>/C<sub>29</sub> sterane comparison chart of source rock in Jinzhou 25-1 area  
**图 3.** 锦州 25-1 地区烃源岩 Pr/Ph,  $\gamma$ -蜡烷/C<sub>30</sub> 藿烷与  $\alpha\alpha\alpha$ RC<sub>27</sub>/C<sub>29</sub> 甾烷对比图



**Figure 4.** Distribution of terpenes and steroids in source rocks of Ed<sub>3</sub> (a), Es<sub>1</sub> (b) and Es<sub>3</sub> (c) in Liaoxi low uplift  
**图 4.** 辽西低凸起 Ed<sub>3</sub> 段(a)、Es<sub>1</sub> 段(b)、Es<sub>3</sub> 段(c)烃源岩萜烷、甾烷指纹分布

辽西低凸起沙三段烃源岩规则甾烷分布呈 C<sub>27</sub> > C<sub>28</sub> < C<sub>29</sub> (C<sub>27</sub> > C<sub>29</sub>) 的偏“V”字型分布特征, C<sub>28</sub> 含量极低, 4-甲基甾烷丰度高, 伽马蜡烷丰度较低, 甲藻甾烷含量丰富, 表现为沙三段沉积期水体盐度较低, 为淡水、富沟鞭藻类沉积有机相(图 4)。



## 6. 烃源岩综合评价

辽西低凸起烃源岩有机质类型复杂, I、II、III 型均有存在, 但是有机质以 II 型为主, 偶见 I、III 型有机质。辽西低凸起各烃源岩层有机质丰度均较高, 有机碳含量绝大部分在 1% 以上, 仅有沙二、沙三段少数几个样品有机碳含量小于 1%;  $S_1 + S_2$  的含量也反映出同样的情况, 大部分样品  $S_1 + S_2$  含量在 6 mg/g 以上, 而下部沙二、沙三段少数样品  $S_1 + S_2$  含量在 0.5~2 mg/g 之间(图 5)。因此, 辽西低凸起烃源岩基本达到好~很好烃源岩的标准, 但是不乏下部的沙二段和沙三段部分品质较差的烃源岩。在成熟度方面, 辽西低凸起烃源岩主要处于一个未成熟~低成熟的演化阶段, 烃源岩演化程度较低, 仅下部的沙三段、沙一段以及上部的东三段的部分样品进入低成熟~成熟阶段。此外研究区在生物标志化合物上表现为“4-甲基甾烷含量高, 甲藻甾烷丰富”的特点, 且规则甾烷多为不对称“V”型, 为淡水、富沟鞭藻类沉积有机相。

故而, 通过对辽西低凸起烃源岩地球化学特征分析认为,  $Es_3$  段本地烃源岩可形成一定量的原油充注圈闭, 可为锦州 25-1 地区提供油源, 是该区油气藏重要的烃源岩。

## 7. 结论

通过对辽西低凸起烃源岩地球化学特征分析认为: 该区有  $Ed_3$ 、 $Es_1$ 、 $Es_3$  三套烃源岩, 有机质丰度高为好~极好, 有机质类型为含壳质组组分占优势的  $II_1$  型, 为生烃能力强的油型有机质; 该区  $Es_3$  段烃源岩的成熟度处于成熟~生油高峰阶段,  $Ed_3$ ~ $Es_1$  烃源岩成熟度处于未成熟阶段。因此锦州 25-1 地区主力烃源岩为  $Es_3$  段, 次要烃源岩层为  $Ed_3$ 、 $Es_1$  段。

通过生物标志化合物综合分析, 该区总体上表现为“4-甲基甾烷含量高, 甲藻甾烷丰富”的特点, 且规则甾烷多为不对称 V 型, 为淡水、富沟鞭藻类沉积有机相, 即在烃源岩沉积时期为弱还原~还原,

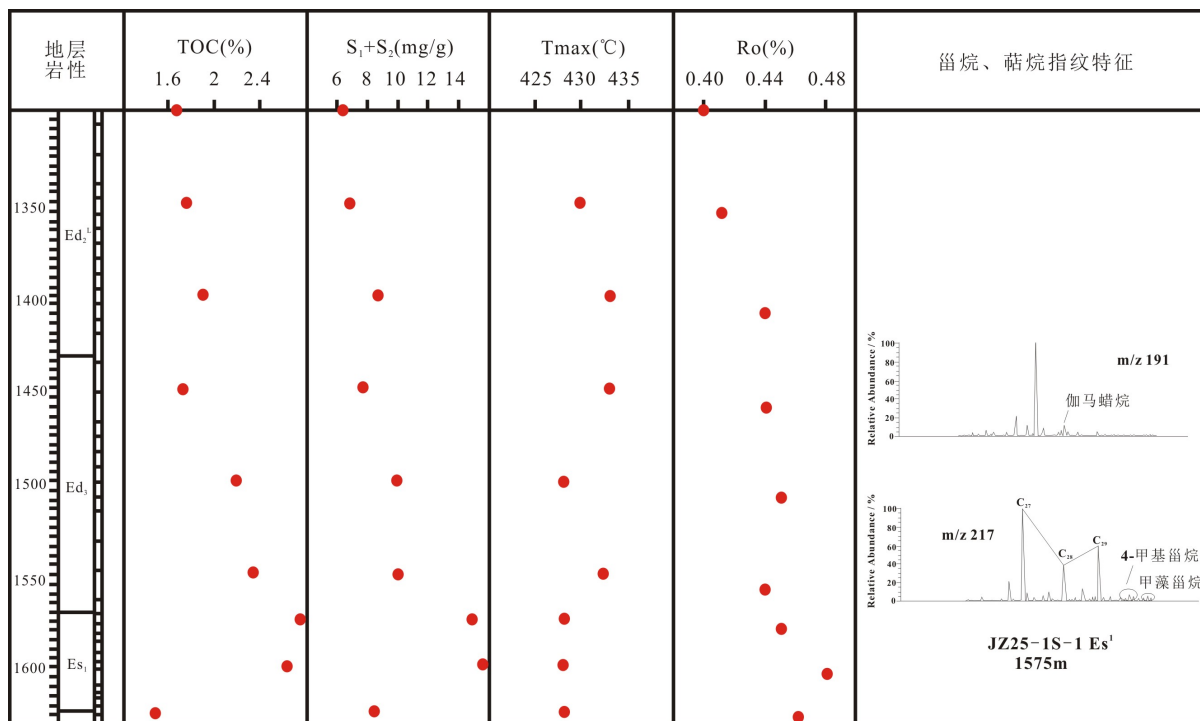


Figure 5. Geochemical section map of Liaoxi low uplift

图 5. 辽西低凸起地化剖面图

水体含盐度低的淡水沉积, 有机质输入以低等水生生物和藻类占优势, 陆源有机质为辅的混合型的母源特征。

## 基金项目

“十二五”国家科技重大专项(2011ZX05023-001-014)。

## 参考文献 (References)

- [1] 曹剑, 吴明, 王绪龙, 等. 油源对比微量元素地球化学研究进展[J]. 地球科学进展, 2012, 27(9): 925-936.
- [2] 白宪洲, 何明友, 王玉婷, 等. 四川若尔盖地区西康群地球化学特征及其物源区和古风化程度分析[J]. 现代地质, 2010, 24(1): 151-157.
- [3] 邓南涛, 张枝焕, 任来义, 等. 鄂尔多斯盆地南部延长组油页岩地球化学特征及分布规律[J]. 石油实验地质, 2013, 35(4): 432-437.
- [4] 张金亮, 张鑫. 塔里木盆地志留系古海洋沉积环境的元素地球化学特征[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2006, 36(2): 200-208.
- [5] 王果胜, 马文璞, 朱卫平. 闽西南下三叠统溪口组硅质岩的地球化学特征及构造意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2007, 34(5): 543-547.
- [6] 祝春荣, 韦阿娟, 沈东义. 辽东湾地区锦州 25-1 油田油气成藏特点和运聚模拟研究[J]. 海洋石油, 2011, 31(3): 17-22.
- [7] 田立新, 徐长贵, 江尚昆. 辽东湾地区锦州 25-1 大型轻质油气田成藏条件与成藏过程[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2011, 35(4): 47-52+58.
- [8] 江尚昆, 吴昊明, 曾金昌, 等. 辽西低凸起中段潜山油气差异富集及主控因素[J]. 特种油气藏, 2016, 23(6): 55-59+143-144.
- [9] 吴伟, 黄土鹏, 胡国艺, 等. 威远地区页岩气与常规天然气地球化学特征对比[J]. 天然气地球科学, 2014, 25(12): 1994-2002.
- [10] 吴陈君, 张明峰, 刘艳, 等. 四川盆地古生界泥页岩的地球化学特征[J]. 煤炭学报, 2013, 38(5): 794-799.
- [11] 魏志福, 王永莉, 吴陈君, 等. 四川盆地上二叠统龙潭组烃源岩的地球化学特征及对有机质来源和沉积环境的指示意义[J]. 天然气地球科学, 2015, 26(8): 1613-1618.
- [12] 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.
- [13] 姜培海. 辽西低凸起油气成藏的主要控制因素及勘探潜力[J]. 油气地质与采收率, 2001, 8(4): 24-27 + 4.
- [14] 贾楠, 刘池洋, 张功成, 等. 辽东湾坳陷新生代构造改造作用及演化[J]. 地质科学, 2015, 50(2): 377-390.
- [15] 侯贵廷, 钱祥麟, 宋新民. 渤海湾盆地形成机制研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1998, 34(4): 91-97.
- [16] 钱祥麟, 李江海. 华北克拉通新太古代不整合事件的确定及其大陆克拉通构造演化意义[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), 1999, 29(1): 1-8.
- [17] 冯有良, 周海民, 任建业, 等. 渤海湾盆地东部古近系层序地层及其对构造活动的响应[J]. 中国科学: 地球科学, 2010, 40(10): 1356-1376.
- [18] 段亮, 徐国盛, 李建平, 等. 辽东湾地区古近系东营组二段沉积相特征[J]. 物探化探计算技术, 2011, 33(5): 549-554 + 465.
- [19] 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: 地球科学), 2008, 38(S1): 1-10.
- [20] 陈义才. 石油与天然气有机地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [21] Tissot, B.P., Durand, B., Espital, J., *et al.* (1974) Influence of the Nature and Diagenesis of Organic Matter in the Formation of Petroleum. *AAPG Bulletin*, **58**, 499-506.
- [22] 黄第藩, 尚慧芸. 试论油源对比各类指标的理论基础及其可比性问题[J]. 石油勘探与开发, 1981(1): 26-38.
- [23] 梅博文, 刘希江. 我国原油中异戊间二烯烷烃的分布及其与地质环境的关系[J]. 石油与天然气地质, 1980, 1(2): 99-115.

- 
- [24] 傅家谟, 盛国英, 许家友, 等. 应用生物标志化合物参数判识古沉积环境[J]. 地球化学, 1991(1): 1-12.
- [25] Whelan, J.K. and Kennicutt, M.C.K., Brooks, J.M., *et al.* (1994) Organic Geochemical in Dicators of Dynamie Fluid Flow Processes in Petroleum Basins. *Organic Geochemistry*, **22**, 587-615.

**期刊投稿者将享受如下服务:**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ojs@hanspub.org](mailto:ojs@hanspub.org)