

# 辽河外围陆家堡坳陷 生油岩有机质丰度及类型研究<sup>①</sup>

罗天明<sup>②</sup>

肖乾华

(冶金部天津地质研究院, 天津, 300061) (辽河石油勘探开发研究院, 盘锦, 124010)

**摘要** 辽河外围盆地大多属晚中生代早期发育的裂谷断陷型盆地。总体上, 这些盆地的形成与演化受以裂陷作用为主导的构造运动所控制, 主要经历了裂谷发育和坳陷发育两个阶段的沉积作用, 后者仅局限于开鲁盆地。在地质地球化学方面, 外围盆地沉积构造复杂, 多次遭受抬升剥蚀运动, 地质构造运动所伴随的热历史复杂, 曾有过多期较强的区域性火山活动, 使该区烃源岩热成烃过程变得极为复杂, 且大多数盆地属于狭小条状小型断陷盆地。近源粗碎屑发育, 有机质中陆生高等植物所占比例较大。本次研究选择了开鲁盆地中最大的陆家堡坳陷, 也是目前辽河外围盆地中油气资源潜力最好的地区之一, 主要进行了烃源岩的有机质丰度和有机质类型研究。

**关键词** 有机质, 生油岩, 干酪根, 陆家堡坳陷

## 1 地质背景

陆家堡坳陷是开鲁盆地中的一个次级负向构造单元, 位于内蒙古自治区哲里木盟, 面积 2 500 km<sup>2</sup>, 其中陆东凹陷 1 740 km<sup>2</sup>, 陆西凹陷 760 km<sup>2</sup>。主要发育上侏罗统和白垩系地层, 总厚度超过 4 000 m, 其中上侏罗统约 3 000 m, 分为阜新组、沙海组、九佛堂组和义县组, 它们构成了本区主要的生油岩。

## 2 样品分析方法

所有样品均采自陆家堡坳陷陆参 1 井、陆参 2 井、陆参 3 井、交 2 井、发 1 井、廖 1 井、包 1 井、庙 7 井、好 12 井和庙 17 井等 10 个井的岩芯。样品分析由北京石油勘探开发研究院地质实验中心完成。

① 收稿日期 1998-04-29 改回日期 1998-06-03

② 第一作者简介: 罗天明, 男, 33 岁, 高级工程师, 研究方向: 矿床地球化学

### 3 生油岩有机质丰度

国内外许多研究资料表明,油气田集中分布在  $w(\text{有机碳}) > 0.5\%$  的范围内。衡量岩石中有机质丰度的指标包括有机碳、氯仿沥青及烃含量等。前人研究<sup>[1]</sup>认为我国陆相盆地生油岩的有机质丰度下限分别为:  $w(\text{有机碳}) 0.4\%$ 、 $w(\text{氯仿沥青}) 0.01\%$ 、 $w(\text{烃}) 100 \times 10^{-6}$ 。

#### 3.1 有机碳含量

本次研究所分析的 44 个样品中,  $w(\text{有机碳}) > 0.5\%$  者占 95% 以上,最高为 7.50%, 仅 LC3-7 和 H12-2 两个样品其  $w(\text{有机碳})$  低于 0.5%, 其中阜新组  $w(\text{TOC})$  变化为 0.94% ~ 5.33%, 平均 2.14% (7), 沙海组变化为 0.24% ~ 5.02%, 平均 2.46% (16), 九佛堂组 0.19% ~ 7.50%, 平均 2.75% (21), 频率分布见(图 1), 表明整个陆家堡坳陷岩石有机碳含量较高。

对比前人研究结果,辽河外围盆地好生油岩其  $w(\text{TOC})$  为 1% ~ 4%, 较好生油岩  $w(\text{TOC})$  为 0.5% ~ 1.0%, 表明除个别为较好生油岩外,陆东凹陷的生油岩均属好生油岩,有些为极好生油岩,如陆参 1 井九佛堂组。陆西凹陷 2/3 多为好生油岩,部分为较好生油岩,个别为差生油岩。

#### 3.2 氯仿沥青“A”

陆家堡坳陷岩石  $w(\text{氯仿沥青“A”})$  含量变化从 0.0118% ~ 1.80%, 大于 0.10% 者占 38.6%, 其族组份变化分别为:  $w(\text{饱和烃}) 20.83\% \sim 82.04\%$ ,  $w(\text{芳烃}) 6.12\% \sim 35.24\%$ 。各层位  $w(\text{氯仿沥青“A”})$  变化为: 阜新组 0.0143% ~ 0.0325%, 沙海组 0.0118% ~ 0.612%, 九佛堂组 0.0142% ~ 1.80%, 分布频率见(图 1)。

#### 3.3 总烃

阜新组为  $(25.5 \sim 316.9) \times 10^{-6}$ , 平均  $82.32 \times 10^{-6}$  (34), 沙海组  $(80 \sim 2014.4) \times 10^{-6}$ , 平均  $427.9 \times 10^{-6}$  (36), 九佛堂组为  $(319.5 \sim 6294) \times 10^{-6}$ , 平均  $2546.6 \times 10^{-6}$  (38)。

#### 3.4 产烃潜量 $S_1 + S_2$

产烃潜量反映了烃源岩在整个热演化过程中生成的总烃量,包括岩石游离烃  $S_1$  和岩石中有机质热解烃  $S_2$ , 陆家堡坳陷岩石产烃潜量  $w(S_1 + S_2)$  为  $(0.10 \sim 23.90) \times 10^{-3}$ , 其中大于  $1.0 \times 10^{-3}$  者占 68.2%, 各层位岩石生烃潜量分别为阜新组  $(0.21 \sim 2.51) \times 10^{-3}$ , 沙海组  $(0.13 \sim 23.90) \times 10^{-3}$ , 九佛堂组  $(0.10 \sim 23.69) \times 10^{-3}$ , 频率分布见(图 1)。

应当指出的是,陆西凹陷各层岩石产烃潜量变化很大,而陆东凹陷则相对较稳定。

#### 3.5 有机质丰度的综合评价

根据前人研究<sup>①</sup>,辽河外围盆地生油岩质量判别标准如下:

	$w(\text{TOC}) / \%$	$w(\text{氯仿沥青“A”}) / \%$	$w(\text{生烃潜量}) / 10^{-3}$
好生油岩	1~ 4	> 0.10	> 4

① 朴明植.辽河外围中生代盆地烃源岩评价.1995

	$w(\text{TOC})/\%$	$w(\text{氯仿沥青“ A”})/\%$	$w(\text{生烃潜量})/10^{-3}$
较好生油岩	0.6~ 1	0.05~ 0.10	2~ 4
差生油岩	< 0.50	0.025~ 0.05	1~ 2
非生油岩		< 0.025	< 1.0

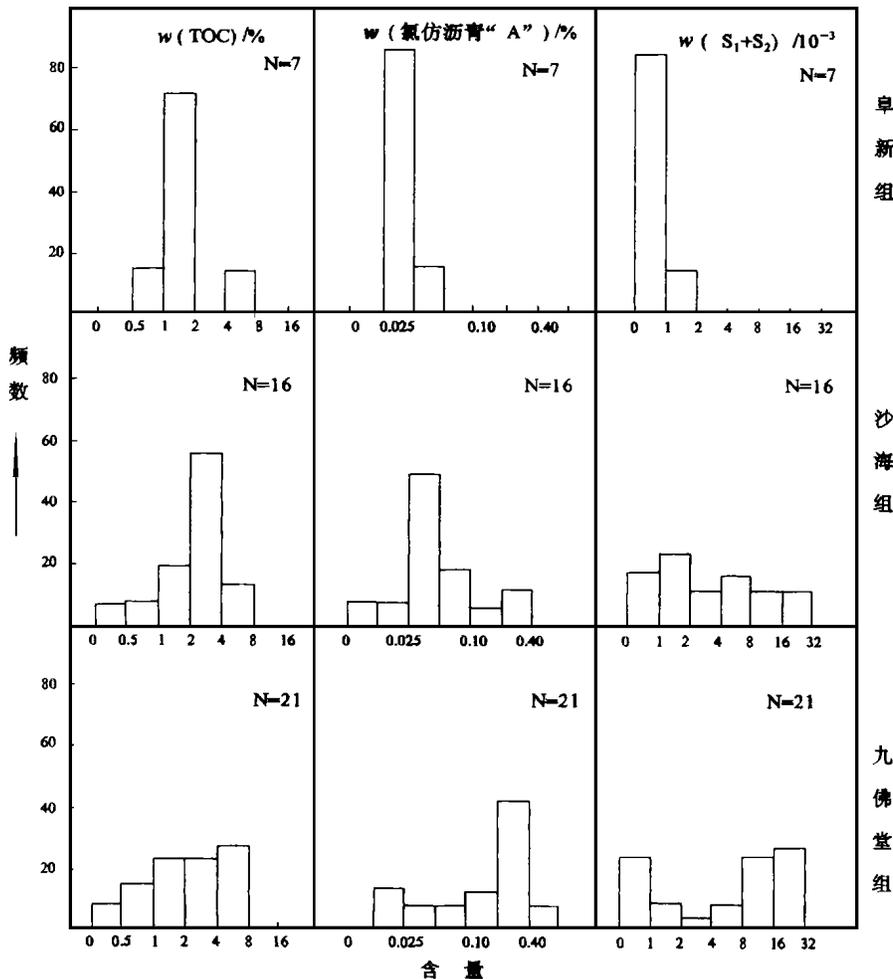


图 1 陆家堡坳陷不同生油岩有机质丰度频率分布对比图

Fig. 1 Frequency diagram of the organic matter abundance of different source rocks in the Lujiaabu depression

按此标准, 我们对陆家堡坳陷所有分析样品均进行判别(见表 1), 得到以下认识:

①无论陆东凹陷、还是陆西凹陷, 阜新组综合判别为非—差生油岩, 沙海组为较好—好生油岩, 九佛堂组为好—极好生油岩。

②从陆西、陆东对比得到陆东沙海组、九佛堂组生油岩质量好于陆西对应层位。

表1 陆家堡坳陷生油岩质量综合判别对比  
Table 1 Determinating of the source rock quality

序号	样编 品号	地区	井号	井段 (M)	层位	岩性	氯仿沥青 “A”	有机碳 TCO	生烃潜量 S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub>	综合 结果
1	F1-5	东 凹 陷	发1井	1067-1068	阜新组	灰色泥岩	非	好	非	非
2	F1-6		发1井	1244-1250	沙海组	黑色泥岩	差	好	差	差
3	F1-7-2		发1井	1477-1483	沙海组	黑色碳质泥岩	差	好	较好	较好
4	F1-8		发1井	1607-1610	沙海组	黑色泥岩	差	好	好	好
5	L1-3		廖1井	1197-1205	九佛堂组	含砾砂岩	好	好	极好	好
6	L1-8		廖1井	1719-1726	九佛堂组	黑灰色泥岩	好	好	极好	好
7	LC1-4		陆参1井	1031-1037	阜新组	灰色泥岩	非	好	非	非
8	LC1-9		陆参1井	1743-1748	沙海组	灰黑色泥岩	好	好	好	好
9	LC1-11		陆参1井	1949-1953	九佛堂组	黑色泥岩	好	极好	极好	极好
10	C2-2		交2井	1090-1096	沙海组	灰黑色泥岩	好	好	好	好
11	C2-4		交2井	1264-1265	沙海组	黑色条带砂岩	差	好	差	差
12	C2-6		交2井	1585-1590	九佛堂组	黑色页岩	好	极好	极好	极好
13	C2-9		交2井	1721-1732	九佛堂组	黑褐色泥岩	好	极好	极好	极好
14	C2-12		交2井	1975-1980	九佛堂组	黑褐色泥岩	好	极好	极好	极好
15	LC2-3		陆参2井	675-682	阜新组	细砂岩	非	较好	非	非
16	LC2-7		陆参2井	1112-1115	阜新组	黑色砂质泥岩	非	好	非	非
17	LC2-8		陆参2井	1252-1257	沙海组	黑色碳质泥岩	差	好	较好	较好
18	LC2-12		陆参2井	1706-1711	九佛堂组	黑色泥岩	好	极好	好	好
19	LC2-10		陆参2井	1522-1525	沙海组	黑绿色泥岩	较好	好	极好	好
20	LC2-14		陆参2井	2018-2020	九佛堂组	暗灰色泥岩	差	较好	较好	较好
21	LC2-18		陆参2井	2287-2295	九佛堂组	黑色泥岩	好	好	好	好
22	LC3-1	西 凹 陷	陆参3井	1111-1114	沙海组	黑色泥岩	好	极好	极好	极好
23	LC3-3		陆参3井	1264-1267	九佛堂组	灰色泥岩	较好	好	差	较好
24	LC3-5		陆参3井	1543-1545	九佛堂组	灰黑色泥岩	好	好	非	好
25	LC3-7		陆参3井	1832-1836	九佛堂组	灰色泥岩	差	差	非	差
26	LC3-8		陆参3井	1847-1856	九佛堂组	灰色砂岩	较好	较好	非	较好
27	BA1-1		包1井	296-298	阜新组	灰色泥岩	非	好	非	非
28	BA1-4		包1井	397-400	阜新组	灰黑碳质泥岩	差	极好	较好	较好
29	BA1-6		包1井	467-468	阜新组	灰色泥岩	非	好	非	非
30	BA1-9		包1井	550-552	沙海组	黑灰色泥岩	差	好	非	差
31	BA1-11		包1井	641-666	沙海组	灰黑色泥岩	较好	好	差	较好
32	BA1-14		包1井	784-812	沙海组	黑色碳质泥岩	差	好	差	差
33	BA1-17		包1井	934-1006	九佛堂组	灰色碳质泥岩	好	好	好	好
34	BA1-20		包1井	1064-1070	九佛堂组	青灰色泥岩	非	差	非	非
35	M7-2		庙7井	555-560	沙海组	灰黑色泥岩	非	较好	非	非
36	M7-5		庙7井	782-787	沙海组	黑色泥岩	好	极好	极好	极好
37	M7-9		庙7井	889-897	九佛堂组	粉砂质泥岩	非	差	非	非
38	M7-11		庙7井	995-996.5	九佛堂组	粉砂质泥岩	差	较好	非	差
39	M7-12		庙7井	1048-1060	九佛堂组	粉砂质泥岩	较好	好	差	较好
40	M7-15		庙7井	1341-1343	九佛堂组	粉砂质泥岩	好	好	好	好
41	M7-18		庙7井	1120-1123	九佛堂组	黑色泥岩	好	好	极好	好
42	M17-2		庙17井	819-902	九佛堂组	黑色泥岩	好	极好	极好	极好
43	H12-2	好12井	711-718	沙海组	粉砂岩	非	差	非	非	
44	H12-3	好12井	914-922	沙海组	灰黑色泥岩	较好	好	好	好	

## 4 有机质类型

生油岩石有机质类型作为判别生油岩的重要质量指标,在很大程度上影响生油岩有机质成烃的类型和数量,为较准确地判别陆家堡坳陷生油岩的有机质类型,本次研究主要用干酪根镜鉴、干酪根元素、岩石热解参数等方法加以综合分析。

### 4.1 干酪根镜鉴

干酪根类型的差别,实质上是那些能反映生源组成的各种显微组份的差别,干酪根镜鉴可以直观地提供母质类型的特征,而母质类型主要由镜质组、惰质组、壳质组和腐泥组所构成,它们的不同组合形成了类型各异的干酪根。腐泥组和壳质组均为富氢组份,有较高的油气生成潜力,镜质组一般仅具生气潜力,但荧光镜质体具备了生油潜力,而惰质体则不具备油气生成潜力。

镜鉴分析表明,整个陆家堡坳陷,从层位上看,阜新组以镜质体为主占 45.48%,惰质组次之占 29.74%,而腐泥组+壳质组仅占 24.78%;沙海组镜质组 44.19%,腐泥组+壳质组为 30.8%,惰质体占 25.0%;反映了从阜新组→沙海组,腐泥组增加,惰质组减少,壳质和镜质体变化不明显。而九佛堂组则以腐泥组为主 73.70%,镜质组+惰质组明显下降。

从区域看,陆东凹陷其干酪根镜鉴组份九佛堂组以腐泥和壳质为主,二者之和占 87.56%,沙海组则以壳质居多占 57.75%,其次是镜质组 21.50%,腐泥组 15.25%,阜新组较差;陆西凹陷九佛堂组以壳质组占多为 58.0%,腐泥组比陆东相应层位明显减少,镜质组增加;沙海组与陆东相应层位比其腐泥组增加,壳质减少,表明两者在干酪根显微组成上差异明显(表 2)。

从剖面单井看,陆东剖面的陆参 2 井,自阜新组即含大量壳屑,至沙海组 1 525 m 和九佛堂组均见到腐泥团,并有可溶部分大量渗出,其中九佛堂组 1 706 m,其腐泥组含量达 71%。交 2 井九佛堂组 1 585 m 见到腐泥的可溶部分渗出并形成油晕,腐泥含量为 33%。陆东剖面 II 的陆参 1 井九佛堂组 1 743 m,其显微组份以团块状腐泥为主达 70%,且有可溶部分渗出。廖 1 井九佛堂组 1 719 m 显微组份以团块状腐泥为主,占 > 77%,腐泥的可溶部分有渗出现象。

陆西剖面 IV 陆参 3 井,沙海组 1 111 m,其显微组份以团块状腐泥为主,占 71%,九佛堂组 1 543 m 见有可溶烃渗出,而包 1 井则仅见腐泥组份,无可溶烃渗出现象。陆西剖面 V 庙 7 井沙海组 782 m,其显微组份以团块状腐泥为主占 78%,有可溶部分渗出,至九佛堂组 1 120 m,可见可溶部分大量渗出腐泥组高达 96%,庙 17 井九佛堂组 819 m 即有可溶烃渗出。

表2 陆家堡坳陷生油岩干酪根镜检结果对比表

Table 2 Comparison of results of kerogen materials of source rocks

序号	样品号	剖面号	井号	井深(M)	层位	岩性	腐泥组 1%	壳质组 1%	镜质组 1%	惰质组 1%	干酪根类型
1	F1-5	陆 东 凹 陷	发1井	1067-1068	阜新组	灰色泥岩	0	88	9	3	II 2
2	LC1-4		陆参1井	1031-1037	阜新组	灰色泥岩	0	29	67	4	III
3	LC2-3		陆参2井	675-682	阜新组	细砂岩	0	21	73	6	III
4	LC2-7		陆参2井	1112-1115	阜新组	黑灰色砂质泥岩	0	58	38	4	III
5	F1-6		发1井	1244-1250	沙海组	黑色泥岩	0	78	18	4	II 2
6	F1-7.2		发1井	1477-1483	沙海组	黑色碳质泥岩	14	73	9	4	II 1
7	F1-8		发1井	1607-1610	沙海组	黑色泥岩	14	77	7	2	II 1
8	LC1-9		陆参1井	1743-1748	沙海组	灰黑色泥岩	70	19	9	2	II 1
9	C2-2		交2井	1090-1096	沙海组	灰黑色泥岩	18	67	12	3	II 2
10	C2-4		交2井	1264-1265	沙海组	黑色条带砂岩	0	12	71	17	III
11	LC2-8		陆参2井	1252-1257	沙海组	黑色碳质泥岩	6	67	22	5	II 2
12	LC2-10		陆参2井	1522-1525	沙海组	黑绿色泥岩	0	69	24	7	II 2
13	L1-3		廖1井	1197-1205	九佛堂组	含砾砂岩	0	72	21	7	II 2
14	L1-8		廖1井	1719-1726	九佛堂组	黑灰色泥岩	77	14	7	2	II 1
15	LC1-11		陆参1井	1949-1953	九佛堂组	黑色泥岩	75	14	7	4	II 1
16	C2-6		交2井	1585-1590	九佛堂组	黑色页岩	33	58	7	2	II 1
17	C2-9		交2井	1721-1732	九佛堂组	黑褐色泥岩	15	72	11	2	II 1
18	C2-12		交2井	1975-1980	九佛堂组	黑褐色泥岩	67	24	7	2	II 1
19	LC2-12		陆参2井	1706-1711	九佛堂组	黑色泥岩	71	20	7	2	II 1
20	LC2-14		陆参2井	2018-2020	九佛堂组	暗灰色泥岩	0	88	9	3	II 2
21	LC2-18		陆参2井	2287-2295	九佛堂组	黑色泥岩	31	57	9	2	II 1
22	BA1-2	陆 西 凹 陷	包1井	296-298	阜新组	灰色泥岩	0	72	22	6	II 2
23	BA1-4		包1井	397-400	阜新组	灰黑碳质泥岩	0	68	26	6	II 2
24	BA1-6		包1井	467-468	阜新组	灰色泥岩	0	84	12	4	II 2
25	LC3-1		陆参3井	1111-1114	沙海组	黑色泥岩	71	16	11	2	II 1
26	BA1-9		包1井	550-552	沙海组	黑灰色泥岩	31	61	5	3	II 1
27	BA1-11		包1井	641-666	沙海组	灰黑色泥岩	18	70	8	4	II 1
28	BA1-14		包1井	784-812	沙海组	黑色碳质泥岩	0	73	22	5	II 2
29	M7-2		庙7井	555-560	沙海组	灰黑色泥岩	0	39	53	8	III
30	M7-5		庙7井	782-787	沙海组	黑色泥岩	78	9	9	4	II 1
31	H12-2		好12井	711-718	沙海组	粉砂岩	10	78	7	5	II 2
32	H12-3		好12井	914-922	沙海组	灰黑色泥岩	32	57	7	4	II 1
33	LC3-3.2		陆参3井	1264-1267	九佛堂组	灰色泥岩	0	74	22	4	II 2
34	LC3-5		陆参3井	1543-1545	九佛堂组	灰黑色泥岩	12	73	11	4	II 2
35	LC3-7		陆参3井	1832-1836	九佛堂组	灰色泥岩	0	87	9	4	II 2
36	LC3-8		陆参3井	1847-1856	九佛堂组	灰色砂岩	0	72	23	5	II 2
37	BA1-17		包1井	934-1006	九佛堂组	灰色碳质泥岩	0	67	27	6	II 2
38	BA1-20		包1井	1064-1070	九佛堂组	青灰色泥岩	0	21	73	6	III
39	M7-9		庙7井	889-897	九佛堂组	粉砂质泥岩	6	71	26	3	II 2
40	M7-11		庙7井	995-996.5	九佛堂组	粉砂质泥岩	0	66	27	7	II 2
41	M7-12		庙7井	1048-1060	九佛堂组	粉砂质泥岩	0	78	17	5	II 2
42	M7-15		庙7井	1341-1343	九佛堂组	粉砂质泥岩	36	52	9	3	II 1
43	M7-18		庙7井	1120-1123	九佛堂组	黑色泥岩	79	9	8	3	II 1
44	M17-2		庙17井	819-902	九佛堂组	黑色泥岩	96	0	4	0	I

因此从上述干酪根镜鉴显微组份组成可以看到, 整个陆家堡坳陷 I 型占 2.3%, II<sub>1</sub> 型占 38.6%, II<sub>2</sub> 型为 45.5%, III 型占 13.6%。

#### 4.2 干酪根元素组成

干酪根的元素组成反映了生源物的化学构成, 以此作为用于划分干酪根类型的基础, 本次研究表明, 陆家堡坳陷生油岩干酪根元素原子比, 从层位上具有以下特征:

整个陆家堡坳陷干酪根元素原子比总体来说 H/C 变化范围为 0.548~1.355, 其中 H/C > 1.0 者约占 32%。O/C 比值变化范围为 0.021 6~0.370, 其中 O/C > 0.10 者占 50%。在干酪根元素原子比变化图上表明了干酪根类型的多样化(见图 2), 即阜新组以 II 型为主, 沙海组以 II 型为主, 少数 I 型; 九佛堂组以 I 型为主, II 型为辅, 反映九佛堂组生油岩有机质母质类型最好, 沙海组次之, 阜新组最差。而从单井看, 包 1 井干酪根类型较差, 以庙 7 井、陆参 1 井的干酪根类型较好, 以 II<sub>1</sub> 型为主, 有少数 I 型, II<sub>2</sub> 型。在剖面上以陆东剖面的廖 1 井、陆参 1 井生油岩干酪根类型最好, 其次是陆西剖面 V 的庙 7 井, 而以陆西剖面 IV 的包 1 井最差。

#### 4.3 生油岩石热解峰温与氢指数

从生油岩氢指数及热解峰温相关图(图 3)判别, 本次研究的样品中, 陆东凹陷的干酪根类型以 II<sub>1</sub> 和 II<sub>2</sub> 型为主, 其中廖 1 井为 II<sub>2</sub> 型, 交 2 井为 II<sub>1</sub>+II<sub>2</sub> 型, 交 2 井为 II<sub>1</sub>+II<sub>2</sub> 型, 陆参 2 井有 4 个样为 II 型, 2 个样为 II 型, 陆参 1 井有 2 个样品为 II<sub>2</sub> 型, 1 个样品为 II 型。而陆西凹陷中包 1 井干酪根类型较差, 以 III 型为主, 仅庙 7 井有 3 个样品为 II<sub>1</sub> 型, 1 个样品为 II<sub>2</sub> 型, 其余为 III 型, 陆参 3 井为 II<sub>1</sub>+III 型。

从整个陆家堡坳陷看, 陆东凹陷比陆西凹陷的干酪根母质类型好, 从剖面看, 以陆东剖面 III 干酪根类型最好, 其次是陆西剖面 V 和陆东剖面 II, 其余两个剖面的干酪根类型较差。

#### 4.4 氢指数与氧指数

氢指数 I<sub>H</sub> 与氧指数 I<sub>O</sub> 关系图(图 4)表明, 陆东凹陷的陆参 1 井、陆参 2 井及交 2 井干酪根类型明显好于陆西凹陷的陆参 3 井、包 1 井, 仅庙 7 井的干酪根类型有 II<sub>1</sub> 和 II<sub>2</sub> 型。同时 I<sub>H</sub>-I<sub>O</sub> 关系图(图 5)还可以判断干酪根类型是倾向于生油型还是生气型的母质, 其判别标准一般为(I<sub>H</sub>/I<sub>O</sub>) > 5 表示成油, (I<sub>H</sub>/I<sub>O</sub>) < 2.5 表示成气, 在此二者之间说明油气混生。从图可以看到, 陆东凹陷各井生油岩为藻类富集, 属倾向于生油型的干酪根母质, 而陆西凹陷生油岩则为腐植质富集, 属倾向于生气型的干酪根母质, 显示出二者的差异。

#### 4.5 干酪根类型的综合分析

通过对陆家堡坳陷生油岩干酪根类型的上述分析及其综合对比(表 3), 可以看到阜新组干酪根类型较差, 除发 1 井 F1-5 为 II<sub>2</sub> 外, 其余均为 II 型, 沙海组以 II<sub>2</sub> 为主, 有部分 II<sub>1</sub> 型, 少数为 II 型, 九佛堂组总体上干酪根类型较好, 以 II<sub>1</sub> 型为主, II<sub>2</sub> 型为辅, 有个别是如 BA1-20 为 II 型, 庙 7 井 M7-18 为 I 型, 且陆东凹陷干酪根类型明显好于陆西凹陷。

## 5 结论

(1) 在有机质丰度上, 阜新组有机碳含量高, 氯仿沥青“A”、总烃和生烃潜量含量低, 反映

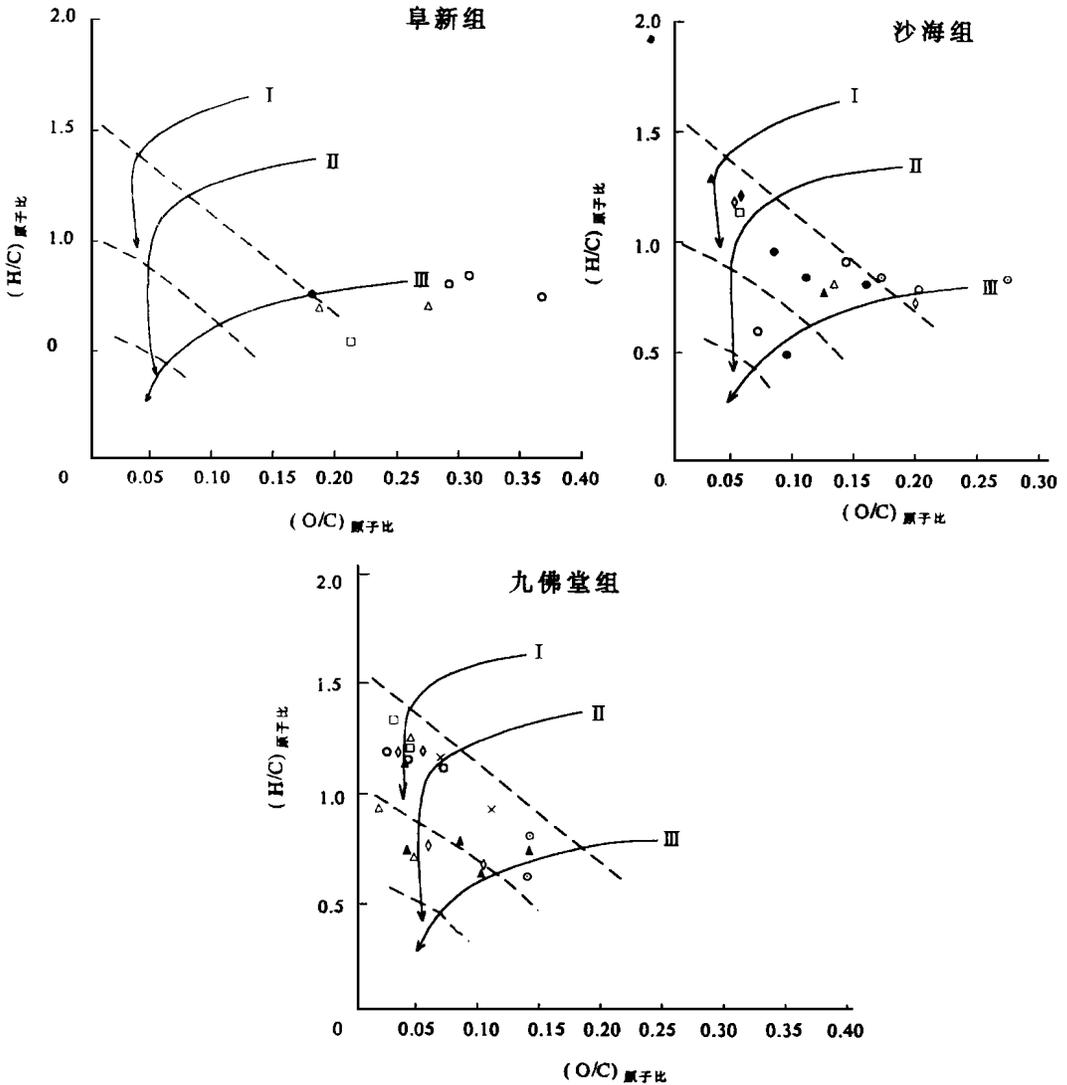


图 2 辽河外围盆地陆家堡坳陷干酪根元素的(H/O)原子比-(O/C)原子比关系图解

Fig. 2 Diagram of(H/O)-(O/C) of kerogen elements

- 发1井    × 庙1井    □ 陆参1井    ○ 交2井    △ 陆参2井
- ▲ 陆参3井    ◊ 包1井    ◇ 庙7井    ■ 庙17井    ◆ 好12井

阜新组的生油岩成烃作用小且母质类型差, 总体上为一套非-差生油岩, 对本区液态烃的生成几乎没有贡献。沙海组各项丰度指标介于阜新组和九佛堂组之间, 总体上为一套较好生油岩。九佛堂组达到最好生油岩标准。

(2)干酪根类型上, 阜新组干酪根类型较差, 为II型, 沙海组以II<sub>2</sub>为主, 有部分为II<sub>1</sub>型,

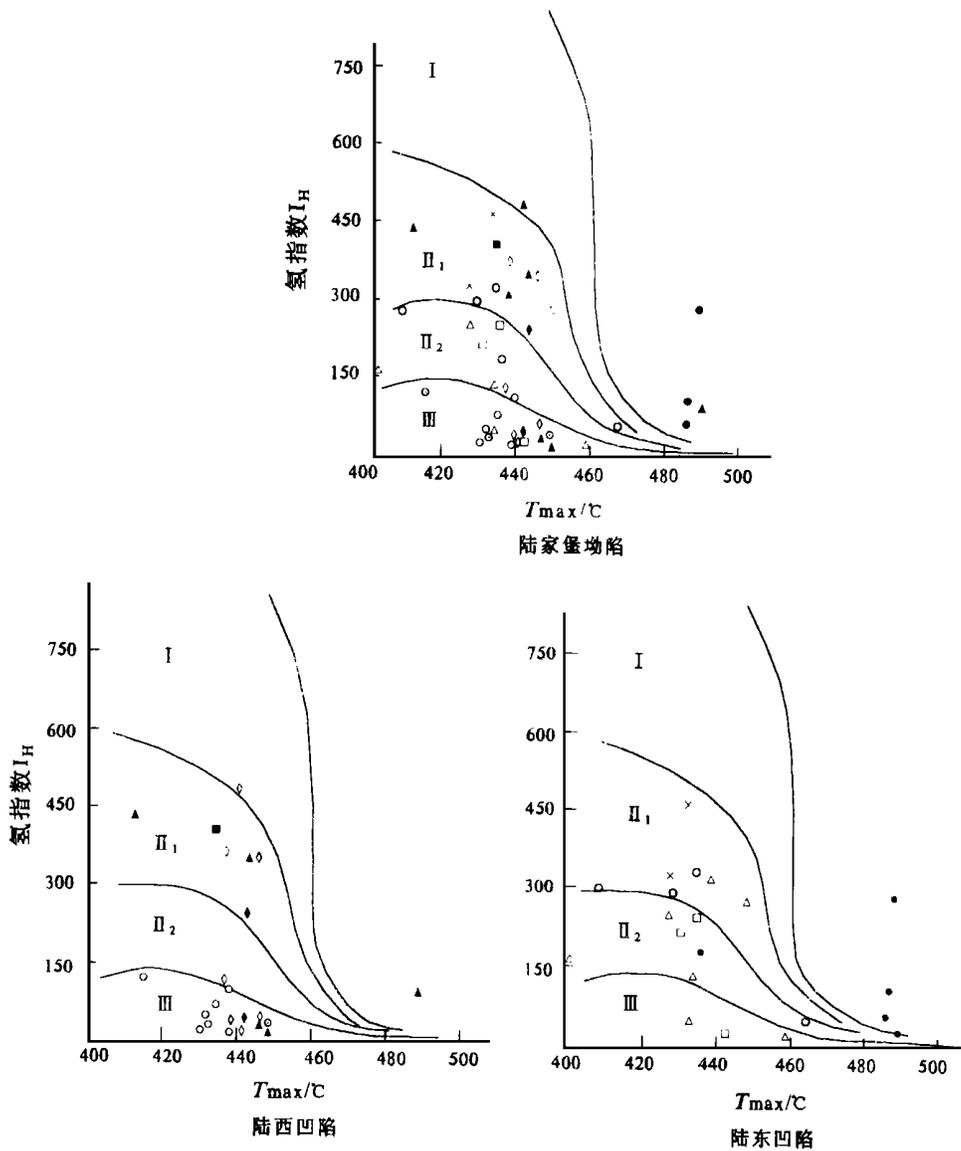


图 3 辽河外围盆地陆家堡坳陷生油岩氢指数与热解峰温相关图

Fig. 3 The relationship between I<sub>H</sub> index and T<sub>max</sub>

▲ 陆参3井 ○ 包1井 ◇ 庙7井 ■ 庙17井 ◆ 好12井 ● 发1井 ● 廖1井 □ 陆参1井 ○ 交2井 △ 陆参2井

九佛堂组总体上干酪根类型较好, 以 II<sub>1</sub> 型为主, II<sub>2</sub> 型为辅。

表3 陆家堡坳陷生油岩干酪根类型不同方法判别对比表

Table 3 Determinating of kerogen type of source rocks

序号	层位	样品号	井号	井深 /m	岩性	干酪根类型				综合 结果
						镜鉴	元素比	$I_{H/T_{max}}$	$I_{H/I_0}$	
1	新 组	BA1-1	包1井	296-298	灰色泥岩	II 2	III	III	III	III
2		BA1-4	包1井	397-400	灰黑碳质泥岩	II 2	III	III	III	III
3		BA1-6	包1井	467-468	灰色泥岩	II 2	II 2	III	III	III
4		LC1-4	陆参1井	1 031-1 037	灰色泥岩	III	III	III	III	III
5		LC2-3	陆参2井	675-682	细砂岩	III	III	III	III	III
6		LC2-7	陆参2井	1 112-1 115	黑灰色砂质泥岩	III	III	III	II 1	III
7		F1-5	发1井	1 067-1 068	灰色泥岩	II 2	II 2	II 2	III	II 2
8	沙 海 组	F1-7-2	发1井	1 477-1 483	黑色碳质泥岩	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1
9		F1-8	发1井	1 607-1 610	黑色泥岩	II 1	II 1	II 1	I	II 1
10		LC1-9	陆参1井	1 743-1 748	灰黑色泥岩	II 1	II 1	II 2	I	II 1
11		LC3-1	陆参3井	1 111-1 114	黑色泥岩	II 1	I	II 1	I	II 1
12		BA1-9	包1井	550-552	黑灰色泥岩	II 1	III	III	III	III
13		BA1-11	包1井	641-666	灰黑色泥岩	II 1	II 2	III	II 2	II 2
14		M7-5	庙7井	782-787	黑色泥岩	II 1	I	II 1	II 1	II 1
15		H12-2	好12井	711-718	粉砂岩	II 1	II 2	III	III	II 2
16		H12-3	好12井	914-922	灰黑色泥岩	II 1	I 1	II 1	II 1	II 1
17		F1-6	发1井	1 244-1 250	黑色泥岩	II 2	II 2	II 2	II 2	II 2
18		C2-2	交2井	1 090-1 096	灰黑色泥岩	II 2	II 2	II 2	II 1	II 2
19		LC2-8	陆参2井	1 252-1 257	黑色碳质泥岩	II 2	II 2	II 2	II 1	II 2
20		LC2-10	陆参2井	1 522-1 525	黑绿色泥岩	II 2	II 2	II 2	II 2	II 2
21		BA1-14	包1井	784-812	黑色碳质泥岩	II 2	II 2	II 2	II 2	II 2
22		C2-4	交2井	1 264-1 265	黑色条带砂岩	III	II 2	II 2	II 1	II 2
23		M7-2	庙7井	555-560	灰黑色泥岩	III	III	III	III	III
24	九 佛 堂 组	M7-18	庙7井	1 120-1 123	黑色泥岩	I	I	I	II 1	I
25		L1-8	廖1井	1 719-1 726	黑灰色泥岩	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1
26		LC1-11	陆参1井	1 949-1 953	黑色泥岩	II 1	I	II 1	I	II 1
27		C2-6	交2井	1 585-1 590	黑色页岩	II 1	II 1	II 1	I	II 1
28		C2-9	交2井	1 721-1 732	黑褐色泥岩	II 1	I	II 1	II 1	II 1
29		C2-12	交2井	1 975-1 980	黑褐色泥岩	II 1	I	II 1	II 1	II 1
30		LC2-12	陆参2井	1 706-1 711	黑色泥岩	II 1	I	II 2	I	II 1
31		LC2-18	陆参2井	2 287-2 295	黑色泥岩	II 1	I	II 1	I	II 1
32		M7-15	庙7井	1 341-1 343	粉砂质泥岩	II 1	I	II 1	II 1	II 1
33		L1-3	廖1井	1 197-1 205	含砾砂岩	II 2	II 1	II 1	II 1	II 1
34		LC2-14	陆参2井	2 018-2 020	暗灰色泥岩	II 2	II 1	II 1	II 2	II 2
35		LC3-3-2	陆参3井	1 264-1 267	灰色泥岩	II 2	II 2	II 2	II 2	II 2
36		LC3-5	陆参3井	1 543-1 545	灰黑色泥岩	II 2	I	II 1	II 1	II 1
37		LC3-7	陆参3井	1 832-1 836	灰色泥岩	II 2	II 2	III	III	II 2
38		LC3-8	陆参3井	1 847-1 856	灰色砂岩	II 2	II 1	III	II 2	II 2
39		BA1-17	包1井	934-1 006	灰色碳质泥岩	II 2	II 2	III	II 2	II 2
40		M7-9	庙7井	889-897	粉砂质泥岩	II 2	II 2	III	III	II 2
41		M7-11	庙7井	995-996.5	粉砂质泥岩	II 2	II 2	III	II 2	II 2
42		M7-12	庙7井	1 048-1 060	粉砂质泥岩	II 2	II 2	II 2	II 2	II 2
43		M17-2	庙17井	819-902	黑色泥岩	II 2	I	II 1	II 1	II 1
44		BA1-20	包1井	1 064-1 070	青灰色泥岩	III	III	III	III	III

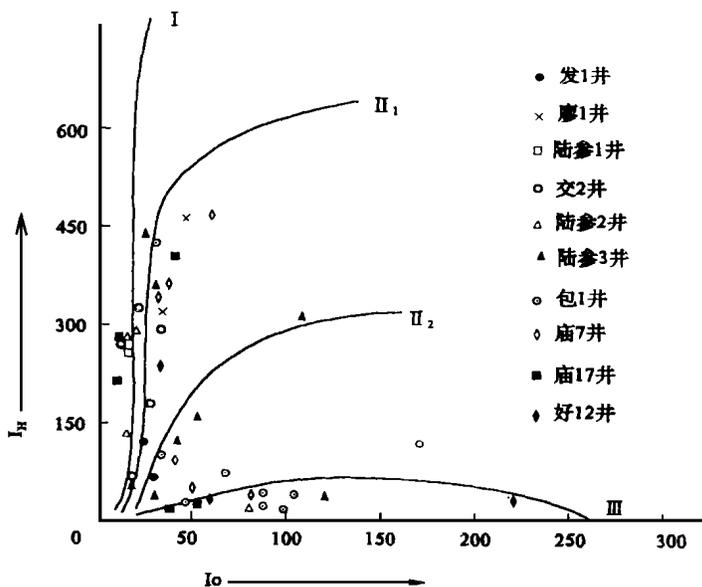


图 4 陆家堡坳陷用氢指数和氧指数划分生油岩有机质类型  
Fig. 4 Classification of organic type of source rocks by  $I_H$  and  $I_O$

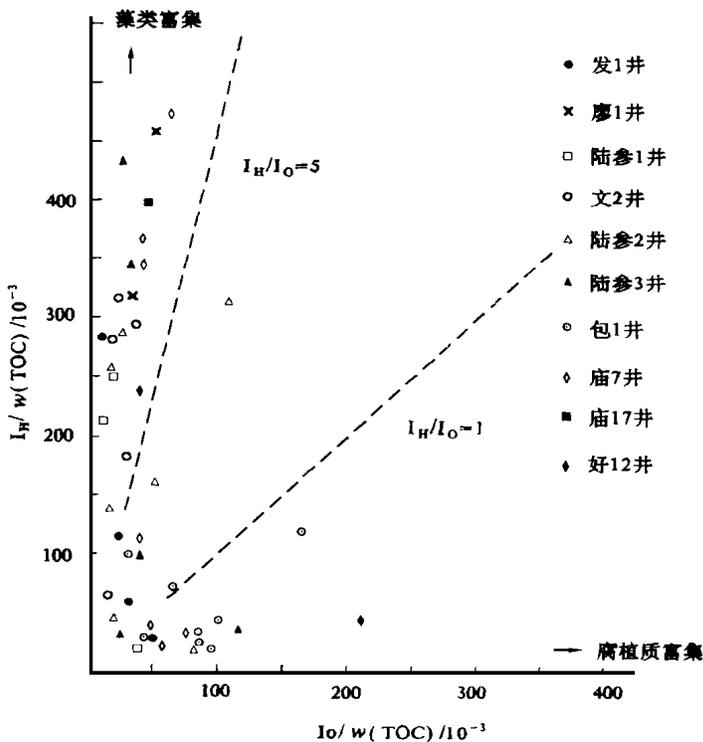


图 5 陆家堡坳陷生油岩氢指数与氧指数关系图  
Fig. 5 The relationship diagram of  $I_H$  and  $I_O$  of source rocks

总之, 陆家堡坳陷主要为半深湖-深湖相沉积为主的九佛堂组及以浅湖-半深湖相沉积为主的沙海组, 而阜新组为河流-沼泽相和浅湖-沼泽相沉积, 多为含煤建造。这些具有不同沉积相的烃源岩, 暗色泥岩发育, 有机质丰度较高, 有机碳含量可达 2% 或更高, 但在有机质类型上存在显著差异, 即以水生生物和相当部分陆生高等植物为母源的九佛堂组有机质以腐泥-混合型为主, 以陆生高等植物和部分低等水生生物为母源的沙海组有机质以混合型为主, 而以陆生高等植物为主要母源的阜新组有机质以腐植型为主。这种原始生源构成决定了九佛堂组为本区的主力生油岩。

致谢: 本文是辽河石油勘探局委托项目《陆家堡坳陷成岩演化、有机质成烃演化与古地温研究》成果的一部分, 工作中得到辽河石油勘探局总地质师陈义贤教授级高级工程师, 勘探处廖兴明处长、霍振钧高级工程师, 研究院吴铁生总地质师、朴明植高级工程师等的大力支持, 在此一并致以诚挚的谢忱。

### 参考文献

1. 黄第藩, 等. 陆相有机质演化和成烃机理. 石油工业出版社, 1984
2. 傅家谟, 等. 干酪根地球化学. 广东科技出版社, 1995
3. 刘宝君, 等. 沉积成岩作用. 科学出版社, 1992
4. 肖贤明, 等. 有机岩石学及其在油气评价中的应用. 广东科学出版社, 1992
5. 肖贤明, 等. 中国陆相源岩显微组份的分类及其岩石学特征. 沉积学报, 1990, 8(3): 22~34
6. Robert P. The optical evolution of kerogen and geothermal histories applied to oil and gas exploration. In : Durand, B(Editor). kerogen, Technip, Paris, 1980, 385~414

## A STUDY ON THE ABUNDANCE AND TYPE OF THE ORGANIC MATTER IN HYDROCARBON SOURCE ROCKS FROM LUJIABU DEPRESSION, LIAOHE AREA

Luo Tianming<sup>①</sup> Xiao Qianhua<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>Tianjin Geological Academy, Tianjin 300061)

(<sup>②</sup>Liaohu Petroleum Exploration & Development Research Institute, Panjin 124010)

### Abstract

Most of the basins in the surrounding area of Liaohe River are of rift-fault basin developed in Upper Mesozoic. Their formation and evolution were controlled by tectonic movement. The Lujiabu depression is one of the best potential petroleum resource targets. The purpose of the present paper is to evaluate the hydrocarbon source rocks and provide the petroleum exploration in this area with some scientific data dealing with the abundance of organic matter and kerogen types. An evaluation on the potential hydrocarbon generation of the source rocks has been made.

**Key words** Organic matter, source rock, kerogen, Lujiabu depression