



松辽盆地东南部外围红庙子断陷油气勘探前景分析 ——以辽新地 1 井下白垩统鹰嘴砬子组为例

李明飞¹, 王丹丹², 高屹¹, 王琳¹, 卢天军¹

1. 核工业二四三大队, 内蒙古赤峰 024000; 2. 中国地质调查局油气资源调查中心, 北京 100083

摘要: 红庙子断陷位于桓仁盆地北部, 是一东断西超的箕状断陷, 露头及少量钻探揭示其内发育较好的烃源岩条件。本研究利用该断陷西部辽新地 1 井的钻探资料, 详细分析了前人研究薄弱的鹰嘴砬子组油气地质条件与成藏前景。测试分析表明, 红庙子断陷鹰嘴砬子组油气显示较好, 烃源岩以半湖相灰黑色泥岩为主, 有机质丰度较高, 且有机质主体进入成熟生烃阶段, 属中等—好烃源岩。储层虽以特低孔、低渗型为主, 但其上覆林子头组和下伏果松组均发育安山质火山岩建造储层, 为油气藏形成提供了多套储集空间。同时, 电法勘探综合解释剖面显示, 烃源岩发育的鹰嘴砬子组不仅夹持在林子头组和果松组 2 套火山岩建造储层之间, 并直接与果松组火山建造储层对顶相接, 形成了有利的生储盖组合。推测红庙子断陷具有较好的油气勘探前景。

关键词: 下白垩统; 鹰嘴砬子组; 烃源岩; 油气资源; 勘探前景; 松辽盆地

OIL AND GAS EXPLORATION PROSPECT OF HONGMIAOZI FAULT DEPRESSION IN THE SOUTHEASTERN PERIPHERY OF SONGLIAO BASIN: A Case Study of Lower Cretaceous Yingzuilazi Formation in LXD1 well

LI Ming-fei¹, WANG Dan-dan², GAO Yi¹, WANG Lin¹, LU Tian-jun¹

1. No. 243 Geological Party, CNNC, Chifeng 024000, Inner Mongolia, China; 2. Oil and Gas Resources Survey Center, CGS, Beijing 100083, China

Abstract: Hongmiaozi fault depression, located in northern Huanren Basin, is a half-graben depression faulted in the east and overlapped in the west. The outcrops and limited drilling work reveal a favorable condition for the formation of source rocks. Based on the drilling data from LXD1 well in the western fault depression, the study analyzes the oil-gas geological conditions and accumulation prospect of Yingzuilazi Formation. Test analysis shows that there is good oil-gas indication in Yingzuilazi Formation, with the source rocks dominated by semi-lacustrine grayish black mudstone, high abundance of organic matter, and the main body of organic matter in mature hydrocarbon generation stage, belonging to medium-good source rocks. Although the reservoirs are mainly of ultra-low porosity and low permeability type, the andesitic volcanic rock formation reservoirs are developed in both the overlying Linzitou Formation and underlying Guosong Formation, which provide multiple reservoir spaces for the formation of oil-gas reservoirs. Besides, the electrical exploration comprehensive interpretation section shows that the Yingzuilazi Formation with developed source rocks is sandwiched between the two volcanic formation reservoirs of Linzitou Formation and Guosong Formation, and

收稿日期: 2023-09-08; 修回日期: 2024-02-01. 编辑: 李兰英.

基金项目: 中国核工业地质局项目“松辽盆地通辽—大林地区铀矿资源调查评价与勘查”(202212); 中国地质调查局项目“松辽外围东部地区地质调查井工程”(DD20160165-2).

作者简介: 李明飞(1988—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事地质与找矿工作, 通信地址 内蒙古赤峰市新城区玉龙大街 75 号, E-mail//lmfei_jlu@163.com

directly contacted with the volcanic reservoir roof of Guosong Formation, forming a favorable source-reservoir-cap combination. It is inferred that Hongmiaozi fault depression has a good prospect of oil and gas exploration.

Key words: Lower Cretaceous; Yingzuilazi Formation; source rock; oil-gas resources; exploration prospect; Songliao Basin

0 引言

红庙子断陷位于松辽盆地外围东南部的桓仁盆地北部,是松辽盆地外围东南部发育的系列中生代残留断陷之一^[1]。其东北、西北、西南缘均发育断距不等的断层,但以西北部的北东向同沉积断裂控陷作用为主,整体呈近南北向展布的菱形(图 1),面积约 350 km²^[2-3]。

红庙子断陷北部紧邻通化盆地与柳河盆地,与通

化、柳河盆地形成于同一构造背景。钻探揭示通化盆地有良好的油气显示,在岩心中看到了油珠、油膜、沥青等,并见有工业气流,推测同一构造背景下形成的红庙子断陷也具有一定的油气资源潜力^[4-14]。

前人在该区曾开展了露头、电法及少量钻探工程调查,揭示其内下桦皮甸子组和亨通山组发育较好的烃源岩条件,并见有良好的油气显示,展现了一定的油气资源潜力^[1,15]。但勘探程度极低,亟待进一步落实其油气勘探前景。本文根据该断陷偏西部的辽新地 1 井资料,详细分析前人在区内研究薄弱的鹰嘴砬子组油气地质条件与成藏前景,以期推动该区油气调查,并为区内后续勘探工作提供科学依据。

1 区域地质背景

前人根据区域地质构造背景与重磁电资料综合解释,将桓仁盆地划分为 4 个二级构造单元,即红庙子断陷、桓北断陷、桓南断陷和棚甸子隆起,各断陷均具有一定的埋深和规模^[16]。

区域地质及钻探资料揭示,区内发育有元古宇变质岩系、古生界与中生界沉积岩系以及新生界第四系。其中,中生代地层自下而上主要发育有中侏罗统的侯家屯组和下白垩统的果松组、鹰嘴砬子组、林子头组、下桦皮甸子组、亨通山组、三棵榆树组及黑炭子组(图 2)。总体上红庙子断陷以湖泊-扇三角洲沉积体系为主,并周期性地伴随多期火山活动,发育多套浅湖一半深湖相暗色泥岩,为研究区油气生成提供了较好的物质基础,而断陷地层发育的扇三角洲等各类砂岩与不同期次火山岩提供了有利储集空间,总体形成了多套生储盖组合^[16-17],具备了较有利的油气成藏条件。

2 含油气特征

2.1 含油特征

通过辽新地 1 井揭露可看出,油气主要分布在鹰嘴砬子组中,并以孔隙含油和裂隙含油为主。含油部位主要分布在砂岩、含砾砂岩、砂砾岩等岩石孔隙及泥

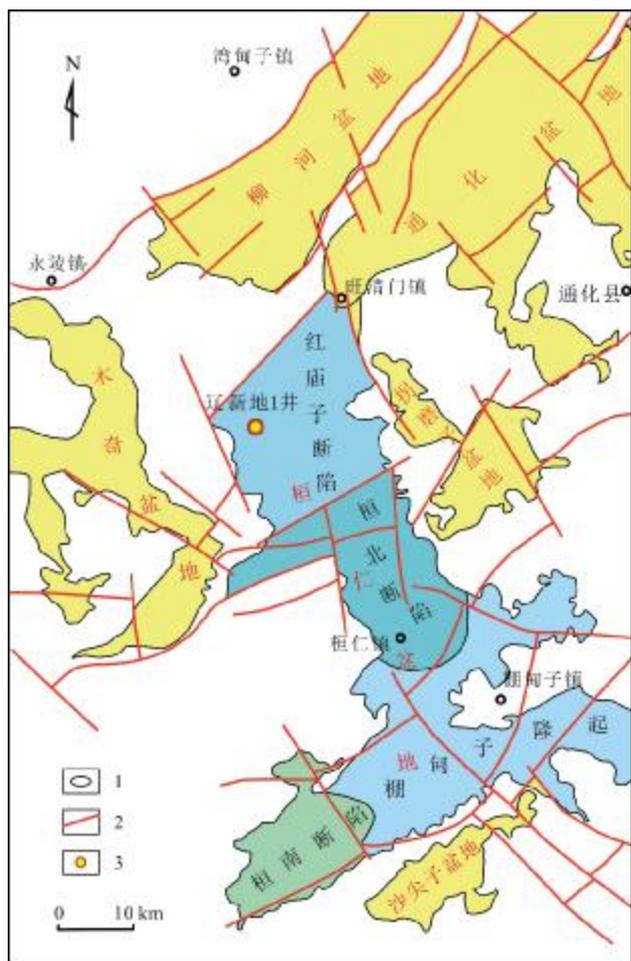


图 1 红庙子断陷区域构造位置图
(据文献[1]修改)

Fig. 1 Tectonic location map of Hongmiaozi fault depression
(Modified from Reference [1])

1—盆地边界(basin boundary); 2—断裂(fault); 3—井位(well location)

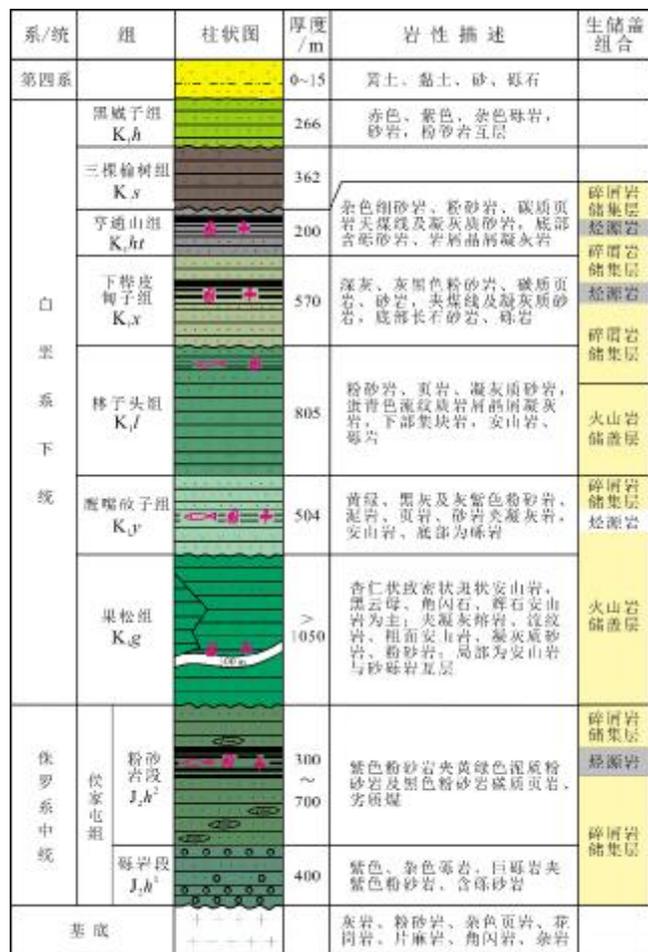


图 2 红庙子断陷区域地层序列与生储盖组合 (据文献[3]修改)

Fig. 2 Stratigraphic sequence and source-reservoir-cap combination of Hongmiaozai fault depression (Modified from Reference [3])

岩、粉砂岩裂隙中. 通过荧光及气测录井共发现油气显示异常段 42 处, 累计厚度 103.58 m, 最厚层为 16.80 m, 含油级别主要为荧光、油迹, 局部可达油斑. 孔隙含油主要分布在含砾砂岩和砂砾岩中(图 3a,b), 含油部位岩心滴水主要表现为可渗. 裂隙含油主要分布在泥岩裂隙中(图 3c,d), 并可见有黄色油质渗出. 裂隙含油部位滴水多表现为缓渗, 呈馒头状, 荧光湿照多呈黄-亮黄色.

2.2 含气特征

辽新地 1 井在钻深 290 m 左右时开始不同程度地涌水, 并在井口处电焊过程中, 发现焊条周围出现了旺盛火焰. 为此, 终孔时采集了 6 瓶气水样进行天然气组分稳定碳同位素分析(表 1).

表 1 辽新地 1 井天然气成分统计及碳同位素
Table 1 Composition of natural gas and carbon isotopes of LXD1 well

样品编号	O ₂ /%	N ₂ /%	CO ₂ /%	CH ₄ /%	碳同位素(δ ¹³ C ₁)/‰
1	0	6.5	0.32	93.18	-59.9
2	10.33	6.79	1.06	81.82	-60.3
3	7.17	9.61	0.79	82.42	-60.6
4	7.6	5.29	0.3	86.81	-60.4
5	10.27	5.07	0.37	84.3	-60.5
6	8.07	4.38	0.29	87.26	-60.5

从分析结果可看出, 本次采集的样品成分主要有 CH₄、CO₂、N₂ 和 O₂ 四种. CH₄ 含量介于 81.82%~93.18%之间, 平均值为 85.97%. CO₂ 含量为 0.29%~1.06%, N₂ 含量为 4.38%~9.61%, O₂ 含量为 0~10.33%. 碳同位素测定结果显示只有甲烷碳同位素 δ¹³C 含量介于 -60.6‰~-59.9‰, 均小于 -55‰, 平均值为 -60.37‰. 由该甲烷碳同位素可以看出, 气样属于生物成因气, 但天然气组分中甲烷的含量较低, 并且含有少量 O₂, 这可能是在孔口采样过程中混入了空气组分导致甲烷含量降低. 因此通过以上分析初步认为本井中天然气属于有机生物气.

3 鹰嘴砬子组石油地质特征

3.1 烃源岩特征

3.1.1 烃源岩地质特征

辽新地 1 井钻遇地层由上至下为第四系、鹰嘴砬子组和果松组. 其中鹰嘴砬子组主要有灰白—青灰色含砾砂岩, 浅灰—灰黑色粉砂岩, 黑色、灰黑色泥岩, 夹凝灰岩、凝灰质砂砾岩及安山岩.

从辽新地 1 井钻孔揭露情况来看, 暗色泥岩主要分布在鹰嘴砬子组, 单层最大厚度 12 m, 总视厚 59.2 m. 岩性以灰黑色—黑色泥岩、粉砂质泥岩为主, 多呈块状构造, 局部页理发育, 并可见叶肢介等化石, 与之互层的深灰色泥质粉砂岩中可见大量介壳类与植物茎干化石. 由此可以推断, 该灰黑色—黑色泥岩的形成环境应以半深湖沉积为主, 为该区油气的生成提供了较好的物质基础.

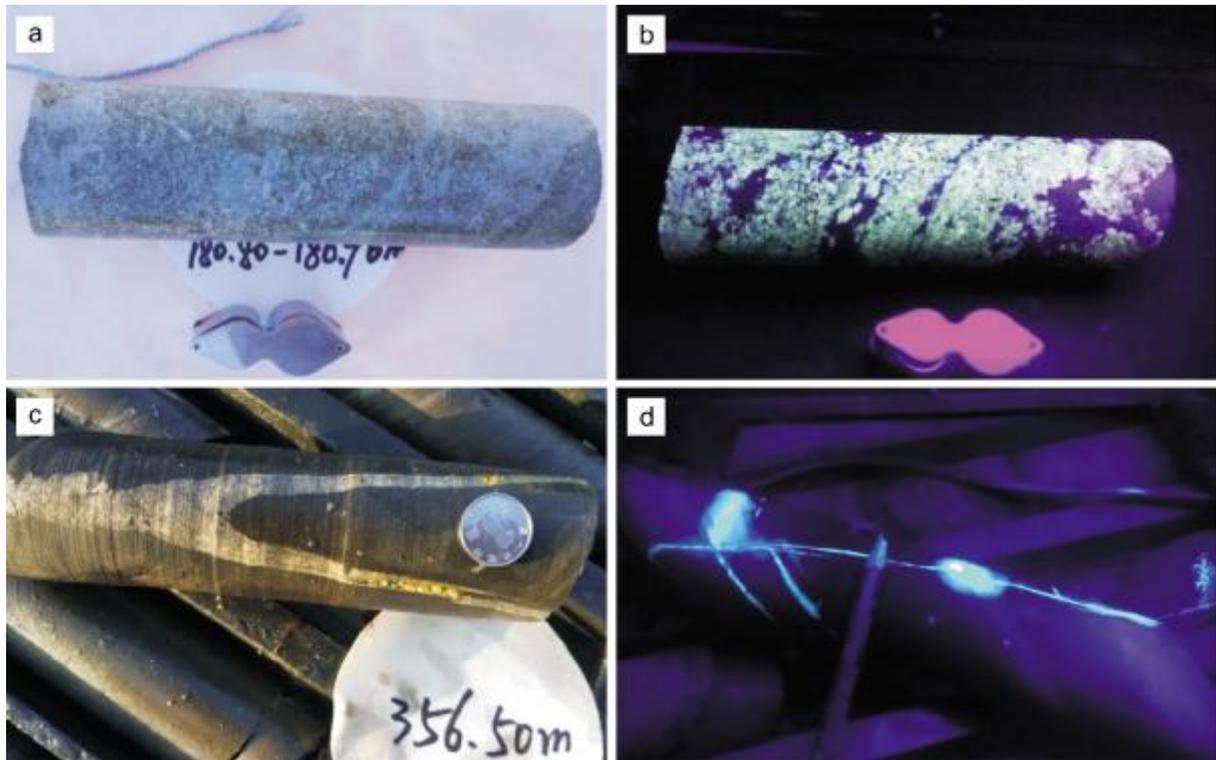


图 3 辽新地 1 井含油岩石特征

Fig. 3 Characteristics of oil-bearing rocks from LXD1 well

a—油斑砂岩(oil spotted sandstone); b—泥岩裂缝油斑(oil spots in mudstone fracture); c—荧光照射的油斑砂岩(oil spotted sandstone under fluorescence irradiation); d—荧光照射的泥岩裂缝油斑(oil spots in mudstone fracture under fluorescence irradiation)

3.1.2 烃源岩地球化学特征

通过本井所采取的 44 块泥岩样品的有机碳丰度测试、34 块泥岩样品的热解分析以及 5 块泥岩样品的干酪根元素分析,对鹰嘴砬子组烃源岩的有机质丰度、类型和成熟度特征进行了评价。

(1)有机质丰度特征

辽新地 1 井鹰嘴砬子组 44 块暗色泥岩有机碳丰度(TOC)测试表明,其 TOC 介于 0.42%~1.83%,平均值为 1.13, 94%的样品显示为中等—好生油岩(图 4)。

在生烃潜力方面,34 块泥岩样品的热解分析测试数据显示(表 2),鹰嘴砬子组暗色泥岩的生烃潜力介于 $0.21 \times 10^{-3} \sim 5.03 \times 10^{-3}$ 之间,平均为 1.90×10^{-3} 。其中,生烃潜力达到中等生油岩标准($S_1+S_2 \geq 2 \times 10^{-3}$)的有 14 个样品,占样品总数的 41.2%(表 2);生烃潜力达到生油岩标准($0.5 \times 10^{-3} \leq S_1+S_2 < 2 \times 10^{-3}$)的有 16 个样品,占样品总数的 47.1%。按我国烃源岩评价标准^[18],鹰嘴砬子组烃源岩总体应属于中等—较差的生油岩。但考虑到鹰嘴砬子组部分烃源岩已进入排烃阶段,甚至部

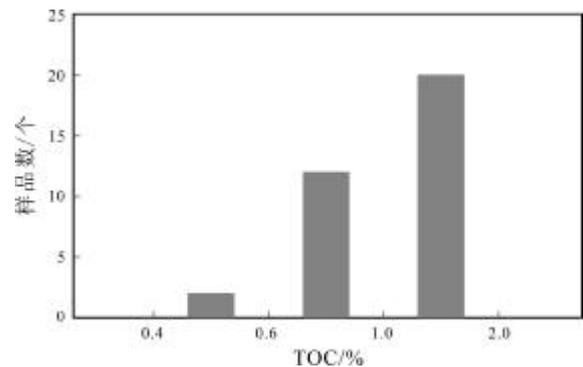


图 4 鹰嘴砬子组有机质丰度分布直方图

Fig. 4 Distribution histogram for organic matter abundance of Yingzuilazi Formation

分烃源岩已大量排烃,因此其生烃潜力测试数据会比未排烃烃源岩低。排除这类数据影响分析,鹰嘴砬子组烃源岩应属于中等生油岩。

(2)有机质类型特征

利用岩石热解测试分析(表 3),本研究对辽新地 1 井鹰嘴砬子组暗色泥岩有机质类型特征进行了初

表 2 辽新地 1 井鹰嘴砬子组暗色泥岩有机质丰度
与峰温参数热解分析结果

**Table 2 Organic matter abundance and peak temperature
parameter pyrolysis analysis results of dark mudstone in
Yingzuilazi Formation of LXD1 well**

深度/m	可溶烃 (S_1)/ 10^{-3}	热解烃 (S_2)/ 10^{-3}	生烃潜量 (S_1+S_2)/ 10^{-3}	热解峰温 (T_{max})/ $^{\circ}C$
162.9	0.51	1.42	1.93	454
163.7	0.36	0.59	0.95	453
165.5	0.40	2.12	2.52	461
168.1	0.03	3.27	3.30	459
169.2	0.28	3.44	3.72	458
169.8	0.19	1.58	1.77	460
171.4	0.47	4.56	5.03	463
173.6	0.32	3.43	3.75	465
174.8	0.21	2.75	2.93	461
175.4	0.07	0.55	0.62	461
213.6	0.85	2.44	3.29	455
252.0	0.81	3.39	4.20	461
252.6	0.63	2.72	3.35	455
253.4	0.71	1.76	2.47	462
256.2	0.60	2.24	2.84	466
257.2	0.42	1.11	1.53	463
260.3	0.27	0.49	0.76	460
261.2	0.23	0.66	0.89	459
262.2	0.14	0.25	0.39	458
263.2	0.21	0.78	0.99	457
264.6	0.92	2.32	3.24	461
265.6	0.14	0.44	0.58	464
266.5	1.06	1.89	2.95	464
267.5	1.06	1.40	2.46	466
341.4	0.01	0.20	0.21	467
342.7	0.14	0.52	0.66	468
343.6	0.04	0.42	0.46	464
345.6	0.12	0.87	0.99	466
346.8	0.19	0.71	0.90	463
348.0	0.06	0.31	0.37	464
355.6	0.30	0.74	1.04	470
458.3	0.25	0.65	0.90	466
459.5	0.23	0.71	0.94	469

步分析. 从生烃潜量(S_1+S_2)数据分析, 有 40%的数据介于 II₂ 型干酪根指标($2\times 10^{-3}\sim 6\times 10^{-3}$)范围, 有 60%的数据介于 III 型干酪根指标(小于 2×10^{-3})范围; 从氢指数数据分析, 大部分数据介于 III 型干酪根指标(小于 150×10^{-3})范围, 仅有少量数据介于 II₂ 型干酪根指标(大于 150×10^{-3})范围; 从类型指数 T_{YC} 分析, 大部分数据介于 III 型干酪根指标(小于 5%)的范围; 但从热解率 D 数据分析, 大部分数据介于 II₂ 型干酪根指标(小于 30%~10%)的范围. 因此综合来看, 辽新地 1 井鹰嘴砬子组暗色泥岩有机质类型整体应以 II₂—III 型为主.

另据与辽新地 1 井钻探工程并行的东北石油大学研究项目分析, 红庙子盆地鹰嘴砬子组暗色泥岩的显微组分以腐殖无定形体、镜质组和腐泥无定形体为主. 腐泥组分占含量 22%左右; 壳质组含量在 55%~73%之间, 平均含量 66%; 镜质组含量介于 20.0%~23.0%, 平均含量 22%. 有机质类型为 II₂—III 型^[19], 与本次测试分析认识一致. 所以, 红庙子盆地鹰嘴砬子组暗色泥岩有机质类型整体应以 II₂—III 型为主, 具有一定的生烃潜力.

(3) 有机质成熟度特征

据辽新地 1 井鹰嘴砬子组 34 块泥岩样品的测试分析显示, 热解转化率 $S_1/(S_1+S_2)>0.1$ 的样品占 76.5%, $S_1/(S_1+S_2)>0.4$ 的样品占 5.8%, $S_1/(S_1+S_2)<0.1$ 的样品占 17.6%, 表明鹰嘴砬子组暗色泥岩主体达到了成熟生油阶段, 少部分进入了湿气成熟阶段.

同时, 鹰嘴砬子组泥岩样品中的岩石最高热解峰温 T_{max} 测试结果(表 2)显示, 其 T_{max} 数据介于 453~470 $^{\circ}C$, 全部样品测试结果达到 435 $^{\circ}C$, 处于高成熟阶段, 进一步说明了鹰嘴砬子组暗色泥岩的有机质主体进入了生烃期.

因此总体来看, 鹰嘴砬子组暗色泥岩发育规模较大, 有机质丰度较高, 总体属于中等—好烃源岩, 有机质类型为 II₂—III 型干酪根, 且总体达到了成熟阶段, 具有一定的生油气潜力.

3.2 储层特征

通过测井解译成果分析, 测段共解释 29 层 56.9 m, 其中含油层 7 层 16.20 m, 干层 22 层 40.4 m, 主要分布在鹰嘴砬子组. 结合辽新地 1 井岩性特征及油气显示特征可看出, 含油层油气显示特征为孔隙含油为主,

表 3 辽新地 1 井鹰嘴砬子组暗色泥岩有机质类型参数热解分析结果

Table 3 Pyrolysis analysis results of organic matter type parameters of dark mudstone in Yingzuilazi Formation of LXD1 well

深度/m	岩性	样品量/mg	有机碳 (TOC)/%	可溶烃 (S ₁)/10 ⁻³	热解烃 (S ₂)/10 ⁻³	有机 CO ₂ (S ₃)/10 ⁻³	生烃潜量 (S ₁ +S ₂)/10 ⁻³	氢指数 (HI)/10 ⁻³	类型指数 (T _{vc})	热解率 (D)/%
168.1	灰黑色泥岩	83.5	0.71	0.35	1.33	1.04	1.68	187.00	1.28	19.60
259.2	灰黑色泥岩	78.1	1.24	0.72	1.58	1.17	2.30	128.00	1.35	15.42
264.0	灰黑色泥岩	95.2	1.45	0.91	2.01	0.92	2.92	138.00	2.18	16.69
313.3	灰黑色泥岩	73.9	1.38	0.36	1.42	0.95	1.78	103.00	1.49	10.68
483.5	灰黑色粉砂质泥岩	69.9	1.44	0.70	1.11	0.95	1.81	77.00	1.17	10.47

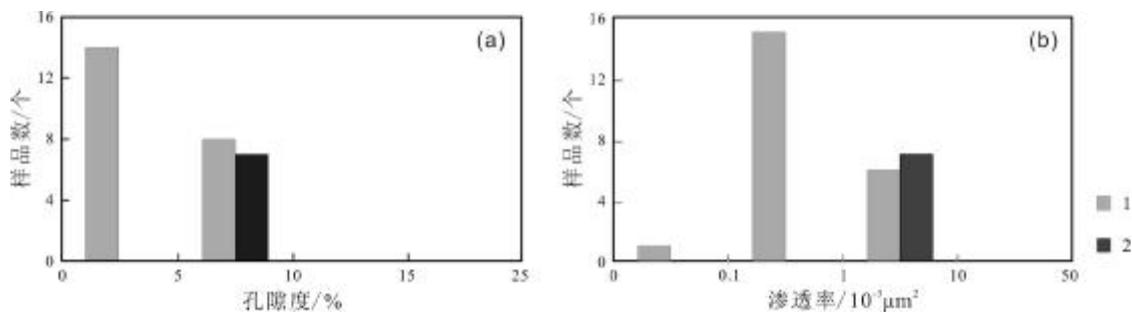


图 5 鹰嘴砬子组储集层孔隙度和渗透率特征

Fig. 5 Porosity and permeability characteristics of reservoir in Yingzuilazi Formation

1—干层(dry formation); 2—含油层(oil-bearing formation)

岩性主要为凝灰岩、砂岩、砾岩等,干层油气显示特征为裂隙含油(气)为主,岩性多为粉砂岩、泥岩等。

含油层孔隙度(Φ)为 7.25%~8.59%,平均值为 7.58%,均分布于 5%~10%的区间内(图 5a)。渗透率(K)为 1.57×10^{-3} ~ $5.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均值为 $2.75 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,分布在 1×10^{-3} ~ $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的区间内(图 5b),表现为特低孔、特低渗储层^[18,20]。

干层孔隙度为 1.97%~6.67%,平均值为 4.86%,均分布在小于 10%的区间内。渗透率为 0.06×10^{-3} ~ $1.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均值为 $0.57 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,绝大部分分布在 0.1×10^{-3} ~ $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的区间内,少数分布在小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,主要表现为大部分超低-特低孔、超低-特低渗型储层。

由此可见,鹰嘴砬子组砂体具有一定的储集能力。除此之外,其上覆林子头组和下伏果松组均发育安山质火山岩建造(图 2),在构造与风化淋滤作用影响下,每个期次火山建造的顶部可形成疏松多孔的火山岩储层;同时前人已经证实,区内侯家屯组与下桦皮甸子组也发育有一定规模的储层砂体,其中侯家屯组储层物

性好于鹰嘴砬子组,且发育规模更大^[1,3],它们共同为该区油气成藏提供了多套储集空间。

3.3 生储盖组合特征

前人已经证实,红庙子断陷发育下白垩统下桦皮甸子组、亨通山组和中侏罗统侯家屯组等生油岩层位,并在下桦皮甸子组、亨通山组和中侏罗统侯家屯组构成了“自生自储”“上生下储”“下生上储”等多套生、储、盖组合型式^[1,3],但各套生储盖组合的分布位置、范围及成藏潜力不同。

本研究针对前人研究比较薄弱的下白垩统鹰嘴砬子组。据辽新地 1 井揭示的岩石组合特征及上述烃源岩与储层测试分析,确定区内鹰嘴砬子组发育有利烃源岩和具一定储集能力的碎屑岩储集层。由二者交互发育特征可以推断,鹰嘴砬子组内形成了自生自储自盖的生储盖组合(图 6)。

另据鹰嘴砬子组下伏地层果松组为气孔-杏仁安山岩和含角砾凝灰岩推断,鹰嘴砬子组烃源岩还易于与果松组火山建造构成“上生下储”的有利生储盖组合。同时鹰嘴砬子组上覆地层林子头组也发育安山

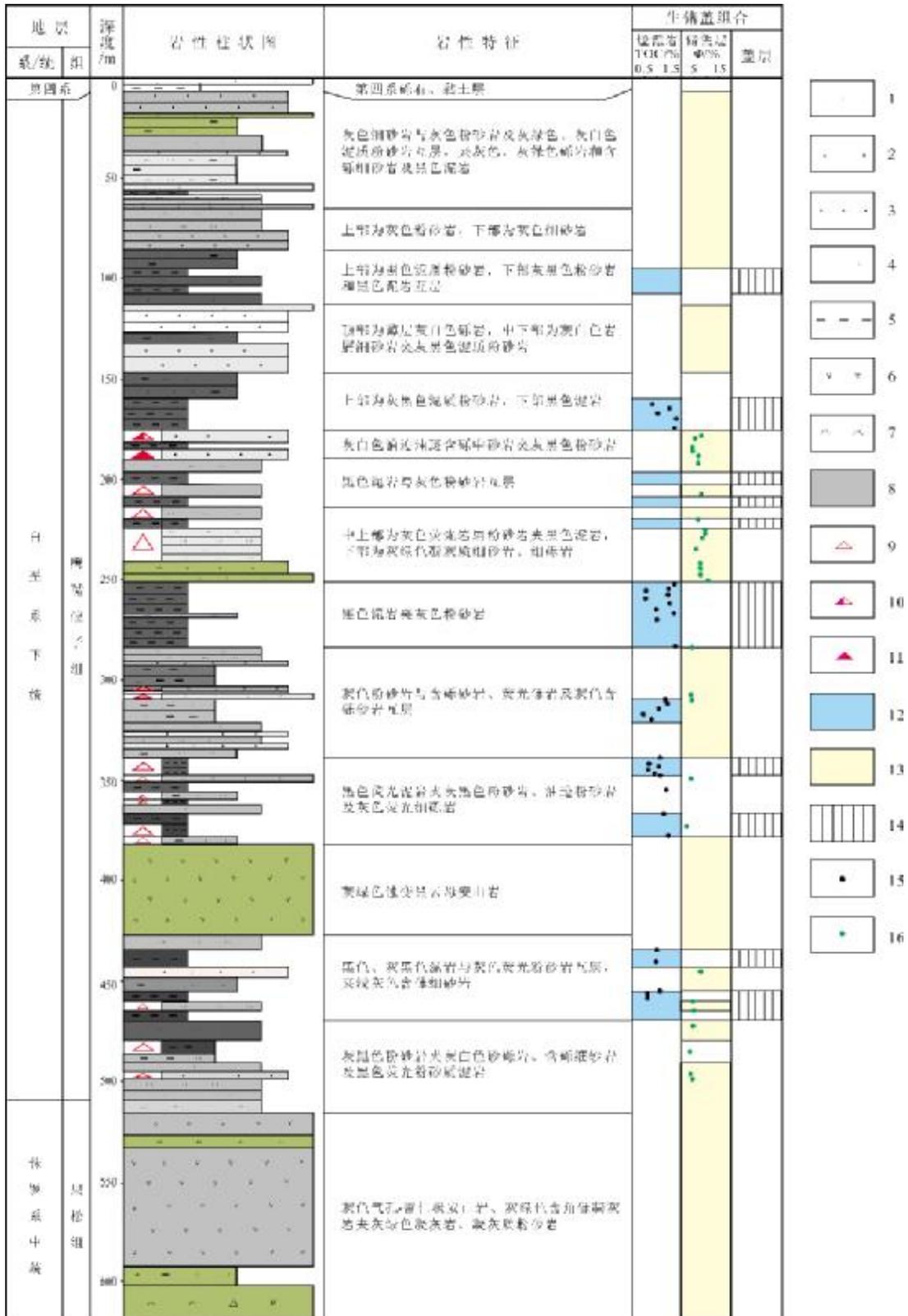


图6 辽新地1井生储盖组合分析柱状图

Fig. 6 Column of source-reservoir-cap combination of LXD1 well

- 1—砾岩 (conglomerate); 2—中砂岩 (medium sandstone); 3—细砂岩 (fine sandstone); 4—粉砂岩 (siltstone); 5—泥岩 (mudstone); 6—安山岩 (andesite); 7—凝灰岩 (tuff); 8—岩石颜色 (rock color); 9—荧光 (fluorescence); 10—油迹 (oil stain); 11—油斑 (oil spot); 12—烃源岩 (source rock); 13—储集层 (reservoir); 14—盖层 (cap rock); 15—TOC 测值点 (TOC measuring point); 16—Φ 测值点 (Φ measuring point)

岩、砾岩、凝灰质砂岩等常见储层类型(图2),由此还可进一步推断,鹰嘴砬子组烃源岩也易于与林子头组火山建造构成“下生上储”的有利生储盖组合。

由此可见,鹰嘴砬子组烃源岩既可在其内形成“自生自储自盖”的生储盖组合,同时也易于与上下地层形成“上生下储”或“下生上储”的有利生储盖组合。

4 油气勘探前景分析

综合辽新地1井录井及测试分析可以看出,鹰嘴砬子组既有累积厚度100 m左右的油斑、油迹或荧光显示,又有有机生物气涌出,展现了良好的油气显示;同时,其内又发育多层规模较大、有机质丰度较高、总体处于成熟阶段的中等—好烃源岩,并与交互的具有一定储集能力的特低孔、特低渗碎屑岩构成了多套较有利的“自生自储自盖”型生储盖组合,为油气成藏奠定了良好基础条件,展现了一定的油气资源勘探前景。

另据中国地质调查局油气资源调查中心电法勘

探剖面综合解释可知,红庙子断陷盆地基底埋深可达3 000 m,其内烃源岩发育的鹰嘴砬子组不仅夹持在林子头组和果松组2套火山岩建造储层之间,并直接与果松组火山建造储层侧向对顶相接(图7),既易于与上下地层形成“上生下储”或“下生上储”的有利生储盖组合,也易于与其侧向对接的果松组火山岩建造构成侧变式生储盖组合,为该区油气成藏创造了更多有利条件。

综合前人对红庙子断陷下桦皮甸子组、亨通山组等层位的半深湖优质烃源岩揭示^[16-17],以及红庙子断陷周缘通化、柳河等断陷油气显示和油气工业气流的发现^[8,12],依据辽新地1井油气显示及石油地质条件可以推断,红庙子断陷具有较好的油气勘探前景。

5 结论

(1)辽新地1井揭示,油气显示异常段主要分布在鹰嘴砬子组,累积厚度近100 m,含油类型有孔隙含油

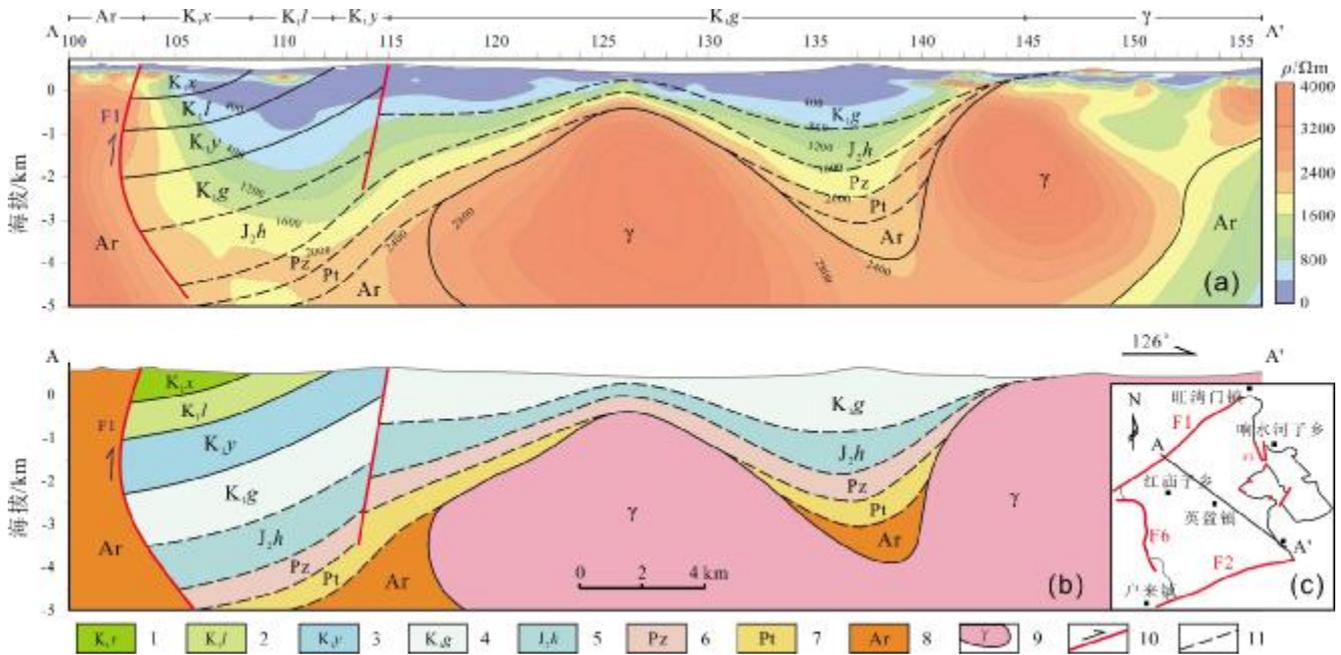


图7 红庙子断陷A-A'电法勘探精细地质解释剖面

(据文献[2]修改)

Fig. 7 A-A' electrical exploration profile with fine geological interpretation in Hongmiaozi fault depression

(Modified from Reference [2])

a—二维连续介质反演电阻率断面(2D continuous media resistivity inversion section); b—地质综合解释剖面(geology integrated interpretation profile); c—剖面位置(profile position); 1—下桦皮甸子组(Xiahuapidianzi fm.); 2—林子头组(Linzitou fm.); 3—鹰嘴砬子组(Yingzuilazi fm.); 4—果松组(Guosong fm.); 5—侯家屯组(Houjiatun fm.); 6—古生界基岩(Paleozoic bedrock); 7—元古宇基岩(Proterozoic bedrock); 8—太古宇基岩(Archean bedrock); 9—花岗岩类(granite); 10—断层(fault); 11—不整合接触(unconformity)

和裂隙含油,含油级别主要为荧光、油迹,局部表现为油斑,并在井孔内有生物气溢出,展现了良好的油气显示。

(2)鹰嘴砬子组黑色泥岩,单层厚度可达 12 m,总视厚度达 59.2 m,总体为中等—好的烃源岩,具有一定的生油气潜力;与烃源岩交互的鹰嘴砬子组含油储层为特低孔、特低渗型,具有一定的储集能力。二者为该区油气形成与储集创造了有利基础地质条件。

(3)鹰嘴砬子组烃源岩不仅与其交互的碎屑岩储集层形成了“自生自储自盖”的生储盖组合,并与其上覆林子头组及下伏果松组火山建造易于形成“下生上储”或“上生下储”以及侧变式等生储盖组合,为红庙子断陷油气成藏提供了有利条件。综合推断红庙子断陷具有较好的油气勘探前景。

参考文献(References):

- [1]王丹丹,张文浩,李世臻,等.辽宁省红庙子盆地烃源岩特征与生烃潜力研究——来自红地1井的证据[J].石油实验地质,2018,40(4):526-531.
Wang D D, Zhang W H, Li S Z, et al. Features and hydrocarbon potential of source rocks in the Hongdi 1 well, Hongmiaozi Basin, Liaoning Province [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2018, 40(4): 526-531.
- [2]吉林省地质矿产局.吉林省区域地质志[M].北京:地质出版社,1988:208-209.
Jilin Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional geology of Jilin Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988: 208-209. (in Chinese)
- [3]肖阳.辽宁省红庙子盆地中生界油气勘探前景分析[D].长春:吉林大学,2020.
Xiao Y. Prospect analysis of hydrocarbon exploration of Mesozoic in Hongmiaozi Basin, Liaoning Province[D]. Changchun: Jilin University, 2020.
- [4]许敏,薛林福,王东坡,等.通化中生代盆地火山-沉积序列及盆地演化[J].吉林地质,1997,16(3):31-35.
Xu M, Xue L F, Wang D P, et al. Mesozoic basin volcano sedimentary succession and basin evolutions in the Tonghua area[J]. Jilin Geology, 1997, 16(3): 31-35.
- [5]王丹丹.松辽盆地外围通化地区油气地质研究[D].北京:中国地质大学,2018:79-81.
Wang D D. Study on oil and gas geological conditions in Tonghua area, peripheral region of Songliao Basin[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2018: 79-81.
- [6]孟元林,申婉琪,周新桂,等.东部盆地群下白垩统烃源岩特征与页岩气勘探潜力[J].石油与天然气地质,2016,37(6):893-902.
Meng Y L, Shen W Q, Zhou X G, et al. Characteristics of the Lower Cretaceous source rocks and shale gas exploration potential of eastern basin group, NE China[J]. Oil & Gas Geology, 2016, 37(6): 893-902.
- [7]韩欣澎,郝国丽,刘超,等.通化盆地石油地质特征及油气资源潜力[J].世界地质,2013,32(2):337-343.
Han X P, Hao G L, Liu C, et al. Petroleum geologic features and petroleum resources potential in Tonghua Basin[J]. Global Geology, 2013, 32(2): 337-343.
- [8]王丹丹,周新桂,李世臻,等.通化盆地下白垩统烃源岩石油地质特征及生烃潜力研究[J].地质学报,2017,91(9):2119-2130.
Wang D D, Zhou X G, Li S Z, et al. Petroleum geologic features and generation potential of the Lower Cretaceous hydrocarbon source rocks in the Tonghua Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2017, 91(9): 2119-2130.
- [9]董清水,高屹,王立贤,等.松辽盆地外围东南部中生代残留盆地相互关系及油气勘探前景[J].地质与资源,2021,30(3):273-283.
Dong Q S, Gao Y, Wang L X, et al. Interrelation between Mesozoic residual basins in the southeastern periphery of Songliao Basin and oil-gas exploration prospect[J]. Geology and Resources, 2021, 30(3): 273-283.
- [10]陈树旺,李永飞.松辽盆地外围油气地质调查进展[J].地质与资源,2020,29(4):401.
Chen S W, Li Y F. Progress of the geological survey for oil-gas in surroundings of Songliao Basin[J]. Geology and Resources, 2020, 29(4): 401.
- [11]陈延哲.通化盆地中生界露头沉积相及储层特征研究[J].吉林地质,2015,34(2):24-32.
Chen Y Z. Sedimentary facies and reservoir features of the Mesozoic in Tonghua Basin[J]. Jilin Geology, 2015, 34(2): 24-32.
- [12]徐盛侠,董清水,楼仁兴,等.吉林柳河盆地沉积特征与油气勘探前景[J].世界地质,2019,38(1):215-224.
Xu S X, Dong Q S, Lou R X, et al. Sedimentary characteristics and oil-gas exploration prospect of Liuhe Basin, Jilin[J]. Global Geology, 2019, 38(1): 215-224.
- [13]王继远,董清水,林冬萍,等.松辽盆地南部双辽断陷生储盖特征与成藏主控因素分析[J].世界地质,2017,36(1):166-173.
Wang J Y, Dong Q S, Lin D P, et al. Analysis of source-reservoir-cap association and major factors controlling hydrocarbon accumulation in Shuangliao fault depression, southern Songliao Basin[J]. Global Geology, 2017, 36(1): 166-173.

- Ecologica Sinica, 2015, 35(19): 6439-6448.
- [23]彭欢, 史明昌, 孙瑜, 等. 基于 Logistic 的大兴安岭雷击火预测模型[J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(7): 166-169.
- Peng H, Shi M C, Sun Y, et al. Lightning fire forecasting model of Daxing'an Mountain based on logistic model[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2014, 42(7): 166-169.
- [24]陈宁. 雷电预警技术在人工引雷作业中的应用研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2011: 1-63.
- Chen N. Research on lightning warning technology in the application of artificial triggering lightning assignments[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2011: 1-63.
- [25]李迪飞, 毕武, 宋欣, 等. 多雷林区“闪电拦截”防火技术研究[J]. 林业机械与木工设备, 2010, 38(9): 26-27.
- Li D F, Bi W, Song X, et al. Study on fire prevention technology “lightening interception” in forest areas struck by numerous thunders [J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2010, 38(9): 26-27.
- [26]李迪飞, 毕武, 张明远, 等. 人工引雷技术研究及其在森林防火中的应用[J]. 林业机械与木工设备, 2010, 38(3): 17-20.
- Li D F, Bi W, Zhang M Y, et al. Artificially triggered lightning technology research and relevant application in forest fire prevention [J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2010, 38(3): 17-20.
- [27]吴树森, 黄鑫. 森林雷击区人工影响雷电方法综述[J]. 森林防火, 2010, 27(4): 18-20.
- Wu S S, Huang X. A review on the methods of affecting lightning artificially in the forest area struck by lightning [J]. Forest Fire Prevention, 2010, 27(4): 18-20.
- [28]李良福, 胡怀林. 森林雷电防护研究[M]. 北京: 气象出版社, 2004: 1-242.
- Li L F, Hu H L. Research on forest lightning protection[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2004: 1-242. (in Chinese)

(上接第 652 页/Continued from Page 652)

- [14]张航, 刘玉梅, 宋立斌, 等. 吉林通化盆地三棵榆树断陷中新生代构造演化特征[J]. 世界地质, 2017, 36(4): 1092-1099.
- Zhang H, Liu Y M, Song L B, et al. Characteristics of Mesozoic-Cenozoic tectonic evolution of Sankeyushu fault depression in Tonghua Basin, Jilin[J]. Global Geology, 2017, 36(4): 1092-1099.
- [15]何奕奕, 程日辉, 宋立斌. 通化盆地亨通山组沉积特征及储层发育规律[J]. 世界地质, 2018, 37(3): 861-872.
- He Y Y, Cheng R H, Song L B. Sedimentary characteristics and reservoir development of Hengtongshan Formation in Tonghua Basin [J]. Global Geology, 2018, 37(3): 861-872.
- [16]王丹丹, 赵松, 张文浩, 等. 松辽盆地外围通化地区高精度重磁电特征及其构造格架[J]. 中国地质, 2020, 47(4): 1056-1068.
- Wang D D, Zhao S, Zhang W H, et al. Lithofacies identification and deep structure of Tonghua area in the periphery of Songliao Basin based on high-precision gravity-magnetic electrical survey[J]. Geology in China, 2020, 47(4): 1056-1068.
- [17]王丹丹, 张交东, 周新桂, 等. 东北通化盆地群下白垩统页岩油气成藏地质条件[J]. 东北石油大学学报, 2019, 43(6): 83-93.
- Wang D D, Zhang J D, Zhou X G, et al. Geological conditions of hydrocarbon accumulation in Lower Cretaceous shale oil and gas in Tonghua Basin Group, Northeast China [J]. Journal of Northeast Petroleum University, 2019, 43(6): 83-93.
- [18]中国石油天然气总公司. SY/T 6285—1997 油气储层评价方法[S]. 北京: 中国石油天然气总公司, 1997: 7-8.
- China National Petroleum Corporation. SY/T 6285—1997 Evaluating methods of oil and gas reservoirs[S]. Beijing: China National Petroleum Corporation, 1997: 7-8.
- [19]申婉琪. 松辽盆地东部盆地群下白垩统泥页岩源盖层特征[D]. 大庆: 东北石油大学, 2017.
- Shen W Q. Characteristics of the Lower Cretaceous shales and cap rock of eastern basin group to Songliao Basin[D]. Daqing: Northeast Petroleum University, 2017.
- [20]刘国东. 通化盆地三棵榆树断陷下白垩统鹰嘴砬子组储层特征[J]. 世界地质, 2020, 39(3): 610-616.
- Liu G D. Reservoir characteristics of lower cretaceous Yingzuilazi Formation in Sankeyushu fault depression of Tonghua Basin[J]. Global Geology, 2020, 39(3): 610-616.