

doi: 10.11720/wtyht.2019.0087

袁永真,张鹏辉,张小博.大兴安岭中南段上古生界烃源岩地层的岩石物性特征[J].物探与化探,2019,43(4):778-782.http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.0087

Yuan Y Z,Zhang P H,Zhang X B.The petrophysical characteristics of Upper Paleozoic source rocks from the central and southern part of the Da Hinggan Mountains[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2019,43(4):778-782.http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.0087

大兴安岭中南段上古生界烃源岩地层的 岩石物性特征

袁永真^{1,2},张鹏辉^{1,2},张小博^{1,2}

(1.中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所,河北廊坊 065000; 2.自然资源部地球物理电磁法探测技术重点实验室,河北廊坊 065000)

摘要:区域地层发育特征研究认为大兴安岭中南段上古生界具有较好的油气勘探前景,本次系统采集了扎鲁特盆地、突泉盆地、乌兰浩特地区的地层岩石物性标本,测试了密度及电阻率。结合前人物性研究资料与本次工作结果,系统地整理了扎鲁特盆地、突泉盆地、乌兰浩特地区地层岩石物性参数,重点分析了上古生界林西组地层的物性界面,为在该地区开展非震地球物理测量提供了基础性资料。从古地理环境和电阻率特征两个方面对比了三个地区的林西组烃源岩地层,认为突泉盆地地区形成烃源岩的条件相对有利,并且泥岩的板岩化程度低,是寻找林西组烃源岩最有利的地区。

关键词:大兴安岭中南段;烃源岩;岩石物性;林西组

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2019)04-0778-05

0 前言

区域地层发育特征研究认为大兴安岭中南部上古生界大部分未变质,并发育有巨厚的暗色泥页岩,具有较好的油气勘探前景^[1-7]。在油气勘探及进行潜力评价时,非地震物探方法具有不可或缺的作用,开展非地震物探方法的前提是要对工作区地质体的岩石物性参数有充分的认识和了解。大兴安岭中南部的物性资料很少,尤其是古生界地层,前人在只在部分地段对部分的地质体进行过研究(大部分是白垩系地层),随着现在对上古生界的研究,认为林西组等晚古生代暗色泥页岩类也可能成为另一套重要的生烃层系^[8],但是整个大兴安岭中南段尤其是松辽盆地外围地区均未开展过对林西组地层系统的物性研究,不能满足油气基础地质调查中的非震物探工作的物性资料需求。

古生物学家认为林西组广泛分布在大兴安岭南部地区^[9],并且从西乌旗—林西—阿鲁科尔沁旗陶海营子—乌兰浩特—龙江化石门类不同,如双壳、叶肢介、介形虫、植物和孢粉,这就意味着林西组沉积时的地质环境不同。本次物性研究工作区在大兴安岭中南段(松辽盆地西缘地区)以盆地区块为单位,共分为3个区块,分别为扎鲁特地区、突泉地区、乌兰浩特—索伦地区。以采集的物性标本测试结果为主,兼顾钻探测井及井旁测深资料。本文全面系统地整理了各区块地层岩石物性参数,重点分析了上古生界林西组地层的物性特征,为在本地区开展非地震物探工作的方法选择、资料处理与解释提供了重要依据。

1 地质概况

从大地构造特征来看,研究区位于华北板块与

收稿日期:2019-02-19;修回日期:2019-05-05

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(DD20160164,DD20190030);中国地质科学院基本科研业务费项目(AS2017Y05)

作者简介:袁永真(1985-),女,河北人,硕士。2012年毕业于中国地质大学(北京)地球物理专业,现从事地球物理综合解释方面工作。

Email:yuanyongzhen@igge.cn

西伯利亚板块之间。西拉木伦河断裂、嫩江—八里罕断裂(F3)、二连—贺根山断裂(F1)、大兴安岭断裂(F2)所围成的区域(图 1)。经历早古生代时期形成稳定的佳蒙地块,晚石炭世—早二叠世形成了规模巨大的近 EW 向的海盆,晚二叠世初期,裂谷由伸展转向闭合,沉积环境逐步由海相过渡为海陆交互相,最终成为近 EW 向大型陆相沉积盆地。随着华北板块与西伯利亚板块的最终闭合,大型陆相盆地转变为断续分布的小规模陆相沉积盆地。中生代时期,在蒙古—鄂霍茨克洋的闭合、碰撞、造山构造

背景下^[10],产生了大规模的火山岩带,并覆盖了研究区在内的大部分区域。

上二叠统林西组在三个地区分布广泛,为一套陆相湖盆类复理石碎屑沉积,岩性组合为巨厚层暗色泥页岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩和细砂岩,其中半深湖—深湖相厚层暗色泥岩发育,下段为河流相的杂色砂砾岩沉积,可能为盆地的边缘相沉积,盆地内部可能同时存在局部的海陆交互相沉积;上段为灰、黑、绿色调为主的砂板岩组合,局部地区在靠近上部层位含有火山岩。

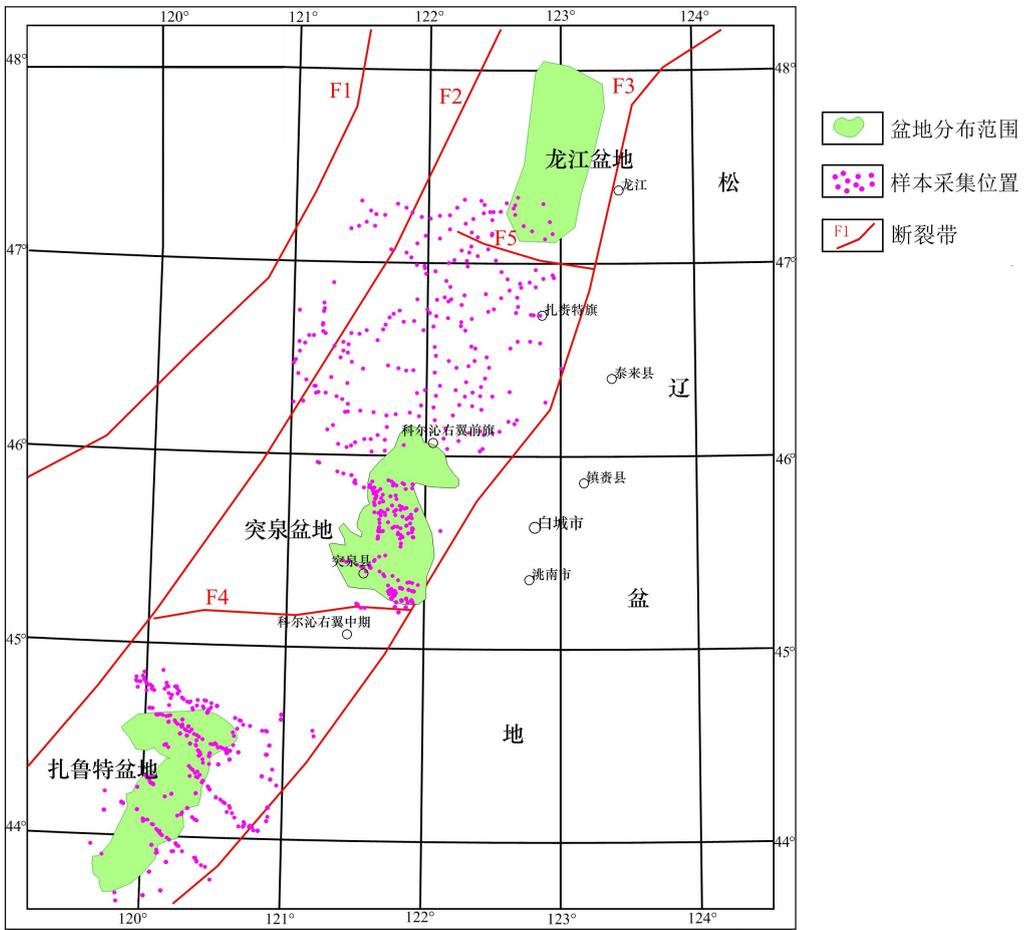


图 1 研究区范围与物性采样点略图

Fig.1 The range of the research area and the petrophysical characteristics of point collection

2 物性资料分析

本次采用的数据包括盆地及周边地区煤田地质调查钻探资料和岩石标本物性测试资料和井旁测深数据。已收集的煤田钻井资料、油气田钻井资料多数仅打穿下白垩统层位即终孔,很少有老地层的钻井资料。扎鲁特盆地虽有少量的煤田钻井,但多数位于盆缘,未开展过测井工作;突泉盆地只在牯牛海

坳陷地区开展过一定量的煤田、水文钻井工作,井深有限,仅个别钻井有测井资料;乌兰浩特地区也为开展过系统的物性工作,仅在北部龙江盆地的部分地区开展了物性工作。所以,扎鲁特盆地、突泉盆地、乌兰浩特地区以往物性工作程度较低,对盆地主要目标层的物性特征还认识不清。

研究区内标本测试所用仪器为台湾 MH-600A 密度计、RP-1 型岩矿石电性测量仪,用台钻、切片机在水冷却条件加工为高约 24 mm,直径约 25 mm 的

圆柱状规格化样品,密度与电性测定时均经 24 h 以上水饱和后测得。

3 上二叠统烃源岩层物性特征

3.1 扎鲁特盆地

通过对扎鲁特盆地物性进行系统研究,分析了盆地内烃源岩的密度及电阻率的特征以及与上下地层的物性界面。表 1 为经数理统计获得的盆地地层岩石物性参数,表中数据除下侏罗统红旗组的电阻率由电测井和井旁测深资料统计而来外,其他的以本次采集的岩石物性标本测试结果为主。

表 1 扎鲁特盆地地层岩石物性统计

Table 1 Petrophysical statistics of Zhalute basin

地层(代号)	岩性	密度/ ($10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	电阻率/ ($\Omega \cdot \text{m}$)
梅勒图组(K_1m)	安山岩	2.63	2239
白音高老组(J_3b)	凝灰岩	2.56	332
玛尼吐组(J_3mn)	凝灰岩	2.59	789
满克头鄂博组(J_3mk)	凝灰岩、流纹岩	2.56	358
傅家洼子组(J_2f)	凝灰岩	2.64	260
万宝组(J_2w)	凝灰岩	2.53	326
红旗组(J_1h)	板岩	2.28 [*]	20~80 [*]
林西组(P_3l)	粉砂岩、砂岩	2.69	1475
大石寨组(P_2ds)	安山岩	2.56	4611
	砂岩、粉砂岩	2.79	
寿山沟组(P_1ss)	砂岩	2.66	782
	花岗斑岩	2.56	563
	花岗岩	2.58	1067
侵入岩	花岗岩	2.58	1067
	辉长岩	2.63	2851

注: *数据由测井曲线和井旁测深结果统计得到

从表 1 可以看出,烃源岩层林西组与上下地层都存在密度差,与上覆地层中上侏罗统之间存在 $0.10 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 左右的密度差,与下伏地层林西组之间存在 $0.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 左右的密度差;电性界面方面与上覆和下伏地层均表现为中高阻的特征。但是从鲁 D2 井看,林西组上部表现为中高阻,在中高阻之下有一个连续的低阻层^[11],也是林西组地层的反应。所以林西组地层表现得并不是单一电性特征。

3.2 突泉盆地

从表 2 可以看出,烃源岩层林西组与上下地层都存在密度差,与上覆地层中上侏罗统之间存在 $0.06 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 左右的密度差,与下伏地层林西组之间存在 $0.02 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 左右的密度差;电性界面方面上覆地层多为中低阻特征,林西组显示中低阻,与上覆地层电性界面不明显,但与下伏哲斯组的高阻特征形成对比。所以利用重磁电非震手段开

表 2 突泉盆地地层岩石物性统计

Table 2 Petrophysical statistics of Tuqan basin

地层(代号)	岩性	密度/ ($10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	电阻率/ ($\Omega \cdot \text{m}$)
梅勒图组(K_1m)	玄武岩	2.64	2519
白音高老组(J_3b)	凝灰岩	2.47	308
玛尼吐组(J_3mn)	安山岩	2.51	198
满克头鄂博组(J_3mk)	凝灰岩	2.49	439
	砂岩	2.63	445
上侏罗统蒙阴组(J_3m)	英安岩	2.52	441
傅家洼子组(J_2f)	凝灰岩	2.53	374
呼日格组(J_2h)	凝灰岩	2.56	256
江仓组(J_2j)	凝灰岩	2.52	373
	粉砂岩、英安岩	2.55	
万宝组(J_2w)	粉砂岩	2.56	1250
红旗组(J_1h)	泥岩	2.60	560
林西组(P_3l)	板岩	2.66	632
哲斯组(P_2zs)	粉砂岩、砾岩	2.68	2071
大石寨组(P_2ds)	砂岩	2.69	21
侵入岩	花岗斑岩	2.48	624
	花岗岩	2.56	875

展烃源岩层的调查是可行的。

3.3 乌兰浩特—索伦地区

从表 3 可以看出,烃源岩层林西组与上下地层都存在密度差,与上覆地层下侏罗统之间存在 $0.07 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 左右的密度差,与下伏地层林西组之间也存在 $0.17 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 左右的密度差;磁化率与下伏地层存在磁化率的差异;电性界面方面上覆地层除下侏罗凝灰岩多为中低阻特征,与下伏大石寨组的高阻特征形成对比。所以利用重磁电非震手段开展烃源岩层的调查是可行的。

4 林西组烃源岩有利区讨论

本次也对三个地区的林西组地层物性进行对比分析(表 4),由于泥岩很难采集到标本,并且根据以往经验,用泥岩标本得出的物性数据并不可靠,所以本次只统计了林西组板岩的数据。从上述几个地区统计的物性来看,扎鲁特盆地、突泉盆地和乌兰浩特地区的林西组的密度和电阻率存在差异,并且还出现了一个现象,在扎鲁特和乌兰浩特地区林西组的地层参数出现了一致的现象。而突泉地区密度电阻率都比另外两个地区低。造成这种现象的原因是什么呢,值得探讨。

表 3 乌兰浩特-索伦地层岩石物性统计

Table 3 Petrophysical statistics of Wulanhaote-solon

地层(代号)	岩性	密度/ ($10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	电阻率/ ($\Omega \cdot \text{m}$)
新生界(Q+R)	黏土、泥砂岩	2.05	
大磨拐河(K_1d)	砂岩	2.54	407
甘河组(K_1g)	安山岩	2.61	575
	凝灰岩	2.47	251
龙江组(K_1l)	凝灰岩	2.48	467
	粉砂岩	2.45	128
白音高老组(J_3b)	凝灰岩	2.54	1258
	砂岩	2.50	363
玛尼吐组(J_3mn)	凝灰岩	2.60	1348
	凝灰角砾岩	2.55	371
	安山岩	2.66	4677
满克头鄂博组 (J_3mk)	凝灰岩	2.59	1202
	砂岩	2.63	173
林西组(P_3l)	板岩	2.72	1348
	泥岩	2.69	
	砂岩	2.64	776
大石寨组(P_2ds)	凝灰岩	2.89	3235
	火山岩	2.69	1513
哲斯组(P_2zs)	灰岩	2.69	7079
	泥岩	2.69	
寿山沟组(P_1ss)	板岩	2.7	524
宝力高庙组 ($CPbl$)	大理岩	2.75	4466
	凝灰岩	2.68	891

表 4 林西组地层板岩密度、电阻率参数统计

Table 4 The density and specific resistance of Linxi slate

盆地	密度/($10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	电阻率/($\Omega \cdot \text{m}$)
扎鲁特盆地	2.69	1475
突泉盆地	2.66	632
乌兰浩特地区	2.70	1348

从古地理环境方面来说,在林西组时期古亚洲洋出现闭合,古亚洲洋自西向东剪刀式闭合,原来的海相环境逐渐转变为陆相环境,在不断地接受陆地河流中的淡水补充后,残留湖泊中水体的含盐度随着时间的推移而逐渐淡化。有人对扎鲁特盆地和突泉盆地的古盐度进行了测试^[12-13],从扎鲁特盆地的鲁 D1 井到到突泉盆地再到乌兰浩特地区暗色泥岩伽马蜡烷指数从 0.25 降为 0.14,原岩沉积时,伽马蜡烷指数的高低与水体盐度呈正相关关系,也就是说从扎鲁特盆地到突泉盆地湖水环境有咸水—半咸水—微咸水环境,半咸化的湖水环境有利于形成巨厚的暗色富有机质泥岩层,说明突泉盆地形成烃源岩的条件更有利,经过区域变质作用一部分泥岩在高温高压下发生变质,变成泥质板岩或板岩。从电阻率方面来说,泥岩的电阻率通常在 $10^1 \sim 10^2 \Omega \cdot \text{m}$,泥质板岩的电阻率在 $10^2 \sim 10^4 \Omega \cdot \text{m}$,也就是说随着泥岩的板岩化程度越高,电阻率越高。从三

个地区林西组板岩获得的电阻率来看,突泉盆地的泥岩板岩化程度较低,具有潜在的油气资源前景。

另外,突泉盆地的林西组泥岩在盆地腹地的板岩化程度要低于扎鲁特盆地的林西组,从统计的物性参数上看,突泉盆地比扎鲁特盆地和乌兰浩特地区的板岩密度要小,电阻率要低。

5 结论

1) 获得了扎鲁特、突泉、乌兰浩特地区的主要地层岩石物性参数,林西组地层具有高密特征,与上下地层存在密度界面,泥岩与上下岩层存在电阻率界面,其上覆岩层板岩、火山岩和下伏粉砂岩、灰岩呈现的高阻特征形成鲜明对比。所以,在三个地区寻找林西组的烃源岩具备开展大地电磁和重力勘探的物性条件。

2) 从三个区域的林西组泥质板岩的物性参数分析了三个区域的烃源岩发育情况,认为突泉地区的泥岩发育更好,并且变质程度较低。

参考文献(References):

- [1] 乔德武,任收麦,邱海峻,等.中国油气资源勘探现状与战略选区[J].地质通报,2011,30(2/3):187-196.
Qiao D W, Ren S M, Qiu H J, et al. The present situation of oil & gas resources exploration and strategic selection of potential area in China. Geological Bulletin of China, 2010, 28(2/3):187-196.
- [2] 张抗.中国大北方上古生界油气勘探新领域(代序)[J].地质通报,2011,30(6):803-810.
Zhang K. New domain of Upper Paleozoic hydrocarbon exploration in "Large North" of China. Geological Bulletin of China, 2011, 30(6):803-810.
- [3] 张兴洲,周建波,迟效国,等.东北地区晚古生代构造-沉积特征与油气资源[J].吉林大学学报:地球科学版,2008,38(5):719-725.
Zhang X Z, Zhou J B, Chi X G, et al. Late Paleozoic Tectonic-Sedimentation and Petroleum Resources in Northeastern China. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2008, 38(5):719-725.
- [4] 周建波,张兴洲,马志红,等.中国东北地区的构造格局与盆地演化[J].石油与天然气地质,2009,30(5):530-538.
Zhou J B, Zhang X Z, Ma Z H, et al. Tectonic frame work and basin evolution in Northeast China[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(5):530-538.
- [5] 任收麦,乔德武,张兴洲,等.松辽盆地及外围上古生界油气资源战略选区研究进展[J].地质通报,2011,30(2/3):197-204.
Ren S M, Qiao D W, Zhang X Z, et al. The present situation of oil & gas resources exploration and strategic selection of potential area in the Upper Paleozoic of Songliao Basin and surrounding area, NE China[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(2/3):

- 197 - 204.
- [6] 陈树旺,丁秋红,郑月娟,等. 松辽盆地外围新区、新层系——油气基础地质调查进展与认识[J]. 地质通报,2013,32(8): 1147 - 1158.
- Chen S W, Ding Q H, Zheng Y J, et al. New areas and series of strata on the periphery of Songliao Basin: the progress and recognition based on foundational geological survey for oil and gas resources[J]. Geological Bulletin of China, 2013, 32(8): 1147 - 1158.
- [7] 张健,卞雄飞,陈树旺,等. 大兴安岭中南部上二叠统林西组页岩气资源前景[J]. 地质通报,2013,32(8): 1297 - 1306.
- Zhang J, Bian X F, Chen S W, et al. Shale gas resources prospect of late Permian Linxi Formation in the middle-southern part of the Da Hinggan Mountains[J]. Geological Bulletin of China, 2013, 32(8): 1297 - 1306.
- [8] 郑月娟,黄欣,孙跃武,等. 松辽盆地及外围石炭系—二叠系划分与对比[J]. 地质与资源,2018,27(1): 1 - 15.
- Zheng Y J, Huang X, Sun Y W, et al. The Carboniferous-permian stratigraphic division and correlation in the songliao basin and its peripheral areas[J]. Geology and Resources, 2018, 27(1): 1 - 15.
- [9] 汪新文. 中国东北地区中—新生代盆地构造演化与油气关系[M]. 北京:地质出版社,2007.
- Wang X W. Tectonic evolution and hydrocarbon relationship of meso-cenozoic basins in Northeast China [M]. Beijing: Geological Press, 2007.
- [10] 方慧,钟清,李晓昌,等. 内蒙古扎鲁特盆地深部林西组发育特征——来自大地电磁探测的依据[J]. 地质通报,2013,32(8): 1289 - 1296.
- Fang H, Zhong Q, Li X C, et al. The development of Linxi Formation in the depth of Zhalute basin: Evidence from magnetotelluric sounding[J]. Geological Bulletin of China, 2013, 32(8): 1289 - 1296.
- [11] 张健,李晓海,郑月娟,等. 内蒙古扎鲁特地区上二叠统林西组古盐度分析[J]. 地质与资源,2013,22(6): 471 - 477.
- Zhang J, Li X H, Zheng Y J, et al. Analysis on the paleosalinity of upper permian linxi formation in Jarud area, inner mongolia [J]. Geology and Resources, 2013, 22(6): 471 - 477.
- [12] 苏飞,李臻,张健,等. 内蒙古突泉盆地突 D2 井上二叠统林西组烃源岩新发现[J]. 地质与资源,2017,26(3): 268 - 274.
- Su F, Li Z, Zhang J, et al. Discovery of the source rock from upper permian linxi formation in tuquan basin, inner mongolia [J]. Geology and Resources, 2017, 26(3): 268 - 274.

The petrophysical characteristics of Upper Paleozoic source rocks from the central and southern part of the Da Hinggan Mountains

YUAN Yong-Zhen^{1,2}, ZHANG Peng-Hui^{1,2}, ZHANG Xiao-Bo^{1,2}

(1. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China; 2. Electromagnetic Detection Technology Key Laboratory of Ministry of Natural Resources, Langfang 065000, China)

Abstract: Based on a study of regional stratigraphic development characteristics, the authors hold that the Upper Paleozoic in the central and southern part of the Da Hinggan Mountains has a good prospect for oil and gas exploration. In this study, stratigraphic physical specimens were systematically collected from Jarud basin, Tuquan basin and Ulanhot area, and density, magnetization and resistivity were analyzed. Combined with the previous character research data and the results of this work, the petrophysical parameters of the strata in Jarud basin, Tuquan basin and Ulanhot area were systematically sorted out, and the petrophysical interface of the strata in Linxi formation of the Upper Paleozoic was emphatically analyzed, thus providing basic data for the non-seismic geophysical survey in this area. A comparative study of two aspects of paleogeographic environment and physical characteristics shows that the hydrocarbon source rock strata of Linxi Formation in three areas are different. It is considered that the conditions for the formation of hydrocarbon source rock in Tuquan basin area are relatively favorable and, in addition, the degree of slatinization of mudstone is low, suggesting that this area is the most favorable area in the search for hydrocarbon source rock of Linxi Formation.

Key words: central and-southern part of the Da Hinggan Mountains; source rock; rock physical properties; Linxi Formation

(本文编辑:沈效群)