

吉林延边地区上古生界油气资源潜力分析

董清水^{1,2}, 张凯文¹, 许之¹, 于蒙¹, 李赫¹, 张勇¹

(1. 吉林大学地球科学学院, 长春 130061; 2. 吉林大学地球科学学院油页岩实验中心, 长春 130061)

摘要:吉林省延边地区上古生界油气资源研究程度很低。通过大量槽探工程取样与多项地球化学指标测试, 结合重磁与地震资料解释, 系统研究了该区上古生界的分布、赋存及其暗色泥岩的有机质丰度、类型、成熟度等特征。综合分析表明: 延边地区上古生界分布较广, 暗色泥岩发育; 暗色泥岩中有机碳含量较高, 总体达到了中等—好的生油岩标准; 暗色泥岩有机质类型以Ⅱ—Ⅲ型为主; 但有机质成熟度较高, 研究区的西南部和东北部地区有机质处于过成熟阶段, $R_o > 4.0\%$, 生烃潜力极小; 仅有研究区中部的天桥岭—珲春地区, 主体 R_o 为 $2.22\% \sim 3.48\%$, 有机质尚处于高成熟—干气有效生烃阶段, 特别是珲春盆地基底中发育的上古生界暗色泥岩具有一定的油气勘探前景。

关键词: 暗色泥岩; 地球化学特征; 油气资源潜力; 上古生界; 延边地区

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

Hydrocarbon potential of Upper Paleozoic in Yanbian area, Jilin Province

Dong Qingshui^{1,2}, Zhang Kaiwen¹, Xu Zhi¹, Yu Meng¹, Li He¹, Zhang Yong¹

(1. School of Geosciences, Jilin University, Changchun, Jilin 130061, China;

2. Oil-shale Laboratory Center, School of Geosciences, Jilin University, Changchun, Jilin 130061, China)

Abstract: The research extent of the Upper Paleozoic hydrocarbon resources is low in Yanbian area of Jilin Province. Through numerous trenching samplings and geochemical tests, combining with gravity-magnetic and seismic data interpretations, the distribution of the Upper Paleozoic and the organic abundance, type and maturity of dark mudstones in the study area were studied. In Yanbian area, the Upper Paleozoic is wide distributed and is rich in dark mudstone with high organic carbon content. As a whole, the dark mudstones are medium or good source rocks, which mainly produce Ⅱ—Ⅲ kerogen but with high organic maturity. In the southwestern and northeastern parts of the study area, organic matters are over matured, and the R_o value is over 4.0% , indicating for poor hydrocarbon potential. In Tianqiaoling-Hunchun area which locate in the center of the study area, the R_o value ranges from 2.22% to 3.48% , and organic matters are during the high mature-dry gas effective generation stages. The Upper Paleozoic dark mudstones in the basement of the Huichun Basin have good hydrocarbon exploration potential.

Key words: dark mudstone; geochemical characteristics; potential of petroleum resource; Upper Paleozoic; Yanbian area

近年,随着轮南—塔河、普光、靖边等碳酸盐岩大油气田的发现,勘探程度很低的中国古生界海相地层研究受到了高度重视,全国各地开展了一系列前瞻性攻关研究^[1]。作为重点油气区之一的东北地区,其古生界海相地层的生烃潜力讨论更为激烈^[2-4]。笔者近年通过对吉林省东部延边地区上古生界的系统油气地质调查,对该区研究程度很低的古生界暗色泥岩分布及其地球化学特征进行了详细研究,系统剖析了延边地区上古生界的油气资源潜力,以期对东北地区今后的古生界勘探提供

参考依据。

1 地层发育特征

延边地区位于佳木斯地块、松嫩地块与华北板块三者交会处(图1)^[5]。区内通过的大型断裂有敦密断裂带、鸭绿江断裂带和西拉木伦缝合带。主要断裂带多呈北东向和北西向展布。区内分布有延吉、敦化、珲春、松江等28个中生代中小型盆地,并发育有大量的上古生界石炭系与二叠系。其中石炭系以浅海相结晶灰岩、泥质灰岩组合为主,

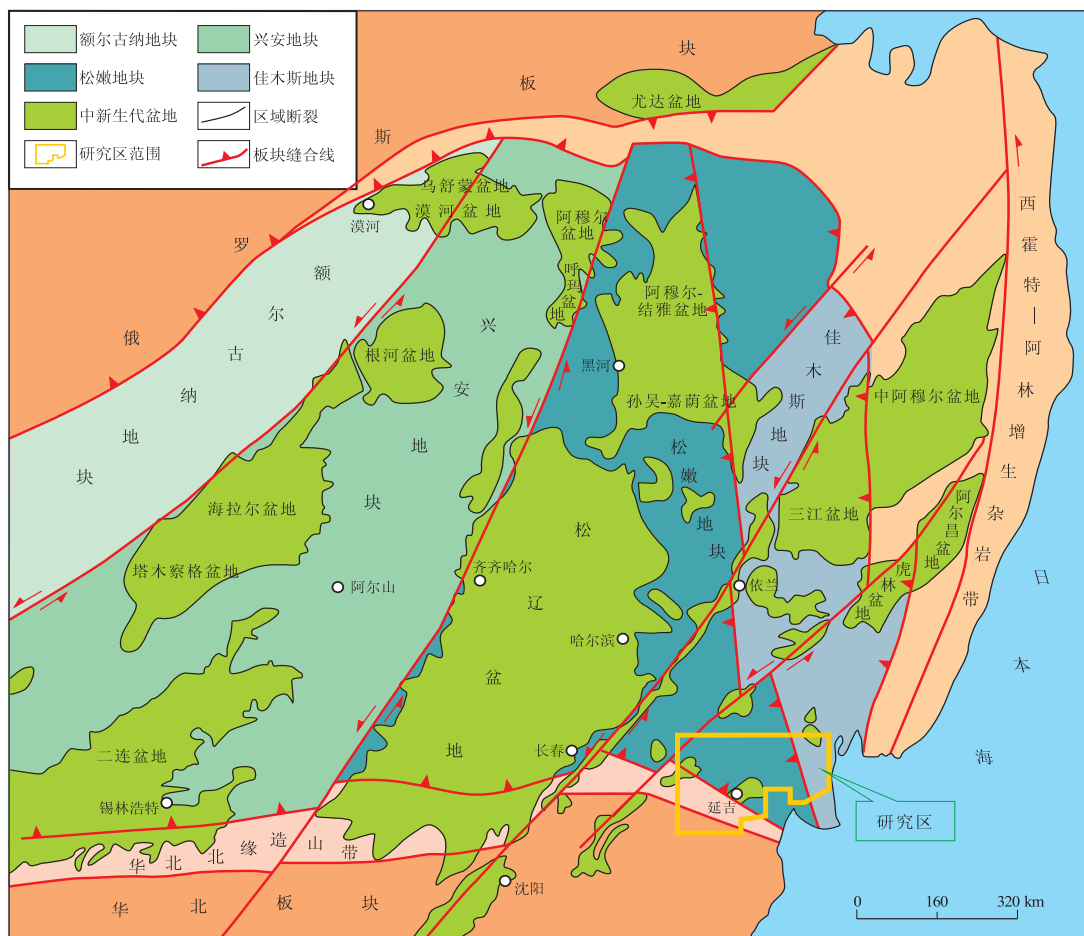


图1 延边地区区域构造位置^[5]

Fig.1 Regional structure location of Yanbian area

夹凝灰质砂岩,产丰富的蕨类化石(图2)。但发育零星,仅在延边地区东南部零星出露有上石炭统山秀岭组,不具有区域油气资源潜力作用。

本区的二叠系,在南部的图们至龙井一带发育下统大蒜沟组、中统寺洞沟组及上统开山屯组;在东部珲春地区发育中统亮子川组、关门咀子组、解放村组和上统大东沟组;在北部汪清地区发育中统红太平组、庙岭组;在西部敦化地区发育上统红山组。其中,下二叠统大蒜沟组仅在延吉盆地东南缘零星出露,不具有区域油气资源潜力作用。

综合本区主要发育地层的岩性特征可知,本区具有区域油气资源潜力的晚古生代地层主要为中、上二叠统。中二叠统分布广泛,在延边中部的安图、珲春及春化地区(图3),主要为浅海相的泥质粉砂岩、泥岩和厚层大理岩化灰岩组合,发育水平层理;在延边南部边缘的开山屯地区,主要为滨岸相的灰色砾岩、砂砾岩、砂岩及粉砂岩组合,发育海滩冲流交错层理、浪成沙纹交错层理;在延边北部边缘的汪清地区,主要为滨岸相的黑灰色砂岩及粉砂岩组合。区内的上二叠统分布也较广,在延边南



图2 延边地区上古生界综合柱状图

Fig.2 Synthesis column map of Upper Paleozoic in Yanbian area

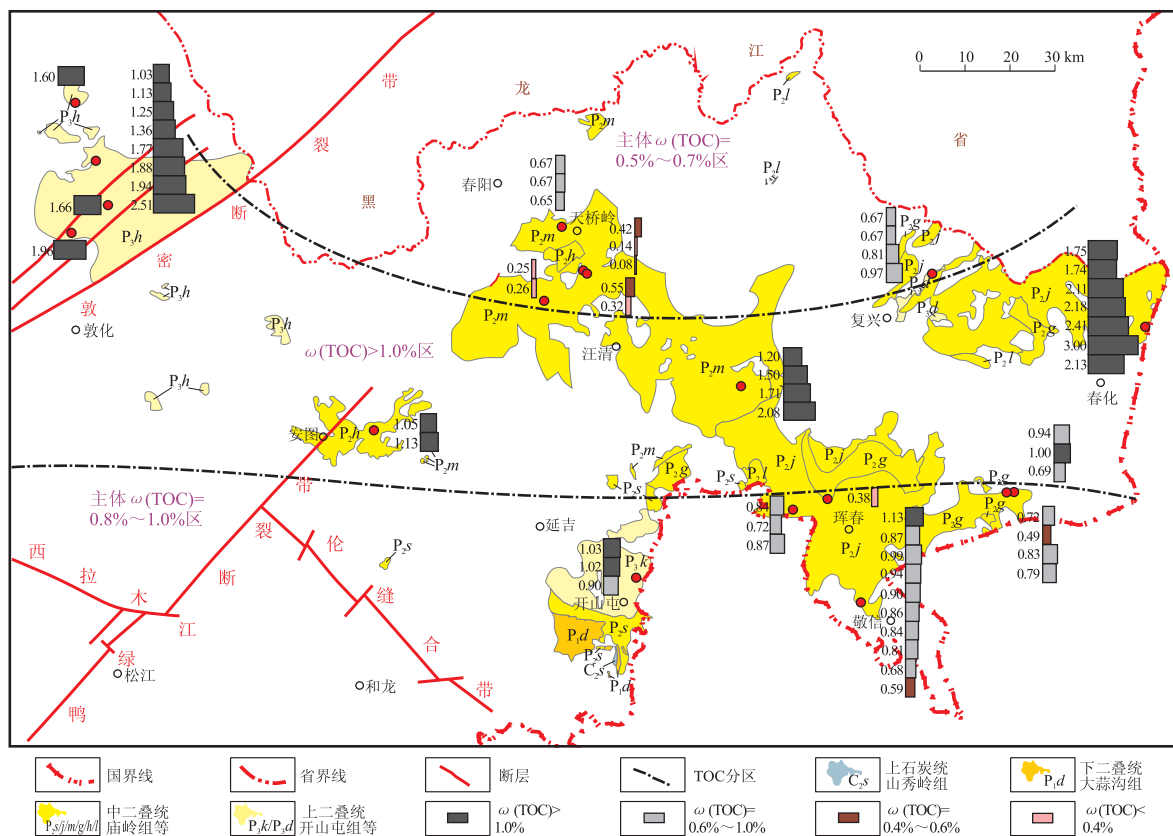


图3 延边地区上古生界暗色泥岩有机碳丰度分布

Fig. 3 Distribution of organic carbon abundance of dark mudstone in Upper Paleozoic in Yanbian area

部边缘的开山屯地区,主要为冲积相的褐色、褐灰色复成分砾岩、砂砾岩及砂岩组合;在延边中北部的大部分地区,上二叠统主要为湖相的灰黑色泥岩、粉砂质泥岩,发育水平层理、波状复合层理。

其中,在延边中北部广大地区发育的中二叠统浅海相厚层大理岩化灰岩累厚可达130 m以上,暗色泥岩累厚大于286 m;上二叠统湖相灰黑色或黑灰色泥岩、粉砂质泥岩累厚可达155 m以上。它们共同构成了该区可能烃源岩。

2 地球化学特征

通过大量槽探工程,系统获取了新鲜的上古生界露头样品,共获取可能烃源岩样品53件,分别由中国石油勘探开发研究院和中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所实验研究中心对所获取样品的5项主要地球化学参数进行了测定,据此对该区上古生界可能烃源岩基本特征进行了系统分析。

2.1 有机质丰度

参照中国陆相烃源岩有机质评价指标,本次对延边地区上古生界暗色泥岩有机质丰度的评价主要使用了有机碳、氯仿沥青“A”和总烃含量等参数。

2.1.1 有机碳含量

延边地区上古生界53个暗色泥岩样品的总有机碳测试分析表明,有机碳丰度区间为0.21% ~ 3.00%,平均值为1.16%,其中有49%的样品达到好的生油岩标准,40%的样品达到中等的生油岩标准,总体达到了中等—好的生油岩标准。

在平面上,上古生界暗色泥岩的有机碳含量分布不均匀。整体有机碳丰度分区呈东西向展布,南北分带(图3)。其中,有机碳含量高的可能烃源岩主要分布于延边地区中部的敦化、安图、春化一带,TOC含量大于1.0%,最高可达3.0%;在延边地区南部的开山屯、珲春、敬信一带,有机碳含量中等,整体TOC含量为0.8% ~ 1.0%;在延边地区北部的春阳、天桥岭、复兴等地,有机碳含量较低,整体TOC含量为0.5% ~ 0.7%。

综合延边地区上古生界中、上二叠统的古地理特征分析可知,形成有机碳丰度这一平面分区特征的主要原因是古环境的影响。在研究区发育的主要古生代地层(中、上二叠统)形成时,研究区的南北边缘皆为滨岸环境,不利于有机质的保存富集,只有研究区的中部地带为浅海或半深湖环境,为高丰度有机碳的暗色泥岩形成提供了良好条件。

2.1.2 氯仿沥青“A”和总烃含量

本区上古生界暗色泥岩的氯仿沥青“A”测试分析显示,所测试的上古生界 53 个样品的氯仿沥青“A”含量为 $(9 \sim 100) \times 10^{-6}$,总烃含量为 $(0.8 \sim 34.6) \times 10^{-6}$,全部低于生油岩标准。

综合镜质体反射率所反映的本区上古生界暗色泥岩有机质成熟度主体已达过成熟的特点推测,该区上古生界暗色泥岩中氯仿沥青“A”和总烃含量已极低,二者已不能灵敏地反映有机质的生烃潜力,区内上古生界暗色泥岩的生烃潜力整体已很低。

2.2 有机质类型

根据有机元素含量和可溶有机物族组分特征,对延边地区上古生界暗色泥岩中有机质的类型进行了分析。

2.2.1 有机元素含量分析

本次有机质元素分析共完成样品测试 36 个,但由于该区上古生界暗色泥岩成熟度高,有机质类型不易区分,其中获取能够识别出有机质类型的有效样品 14 个。有效样品的 H/C 值范围为 0.06 ~ 0.93, O/C 值范围为 0.02 ~ 0.17。根据所测试样品的 H/C 和 O/C 值在干酪根分类范氏图上投点得出(图 4),所测样品值主要分布在 II - III 型干酪根分区内,有 4 个样品属于 II 型,10 个样品属于 III 型。反映该区有机质类型以 II - III 型为主。

2.2.2 可溶有机物族组分特征

本区上古生界暗色泥岩的可溶有机物族组分含

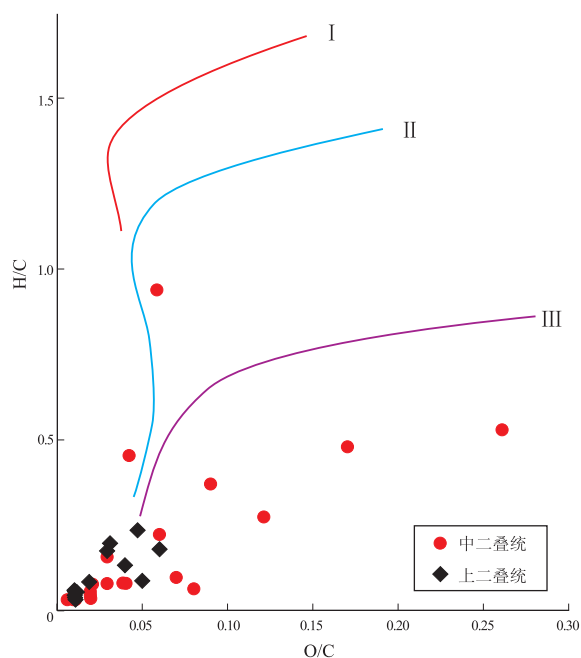


图4 延边地区上古生界暗色泥岩有机元素分布

Fig.4 Distribution of organic elements of dark mudstone in Upper Paleozoic, Yanbian area

量测试分析显示,所测试的 32 个样品中,有 22% 的样品属于 I 型,38% 的样品属于 II 型,40% 的样品属于 III 型。说明该区有机质类型以混源为主。

另从族组分三角图(图 5)可以看出,中二叠统样品饱和烃含量较高,芳香烃含量低,主要集中在“饱和烃”与“非烃+沥青质”两端元一侧的中上部,说明有机质类型较好;而上二叠统样品“非烃+沥青质”含量高,最高可达 86.98%,远高于饱和烃与芳香烃含量,主要分布在靠近“非烃+沥青质”端元一侧,说明有机质类型较差。这与本区中二叠统主要形成于较深水的浅海环境,而上二叠统主要形成于水体相对较浅的湖泊环境相吻合。

综合有机元素含量和可溶有机物族组分测试所确定的有机质类型平面分布特征可知,研究区北部的天桥岭地区有机质类型较好,主要为 I - II 型有机质分布区;研究区中部和南部的敦化、开山屯、琿春和春化等大部分地区有机质类型中等—较差,为 II - III 型有机质混源分布区(图 6)。

上述有机质类型的分布特征与研究区所处区域构造和古地理背景有关。研究区上古生界形成时,南部为华北板块与松嫩地块交会处,北部为佳木斯与松嫩地块交会处,中部为狭窄的松嫩地块区,构成了南北陆相物源供给充足、近东西向展布的狭长古浅海或半深湖,从而形成了混源的 II - III 型有机质类型组合特征。

2.3 有机质成熟度

笔者通过镜质体反射率(R_o)对上古生界暗色泥岩成熟度进行了分析(图 7)。共测试上古生界暗色泥岩镜质体反射率 43 个样品。经过可信度筛

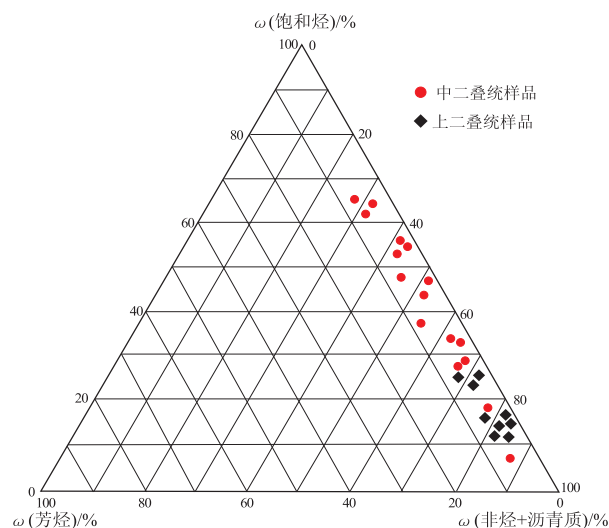


图5 延边地区上古生界暗色泥岩可溶有机物组分三角图解

Fig.5 Ternary diagram of soluble organic matter from dark mudstone of Upper Paleozoic, Yanbian area

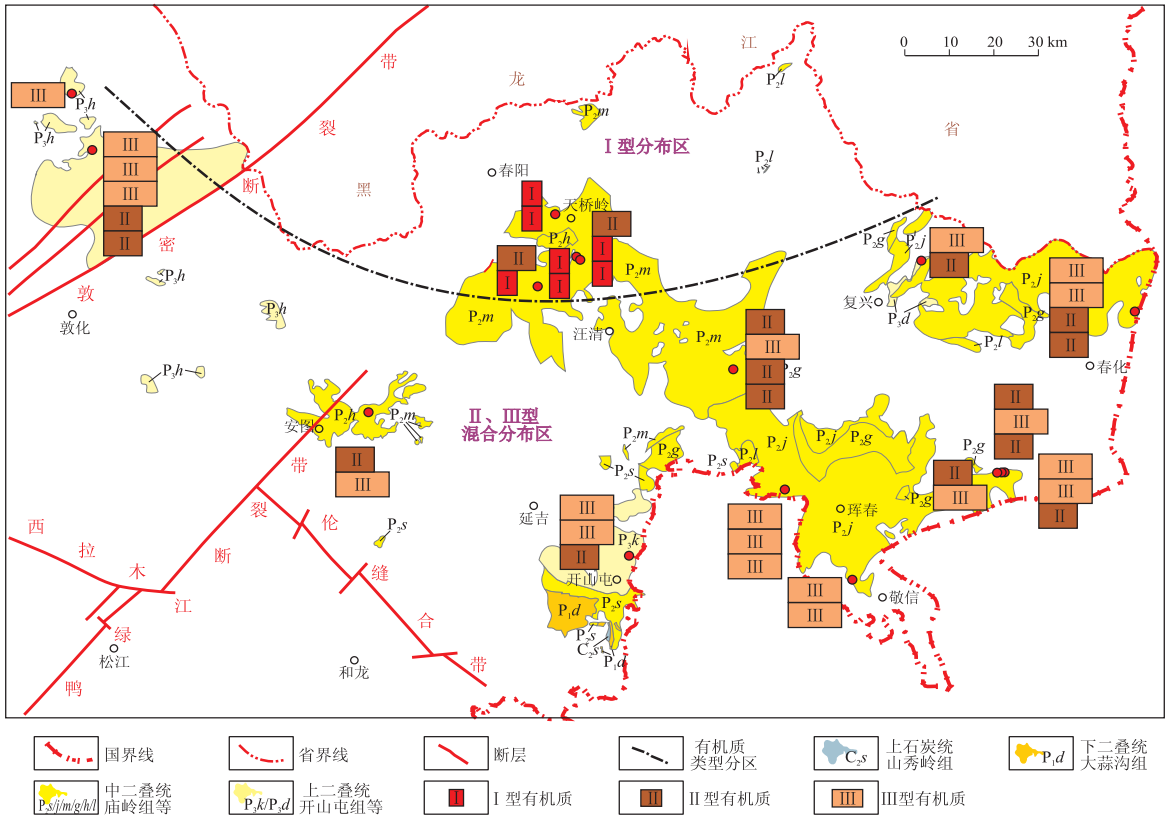


图6 延边地区上古生界暗色泥岩有机质类型分布

Fig.6 Distribution of organic matter type of dark mudstone in Upper Paleozoic, Yanbian area

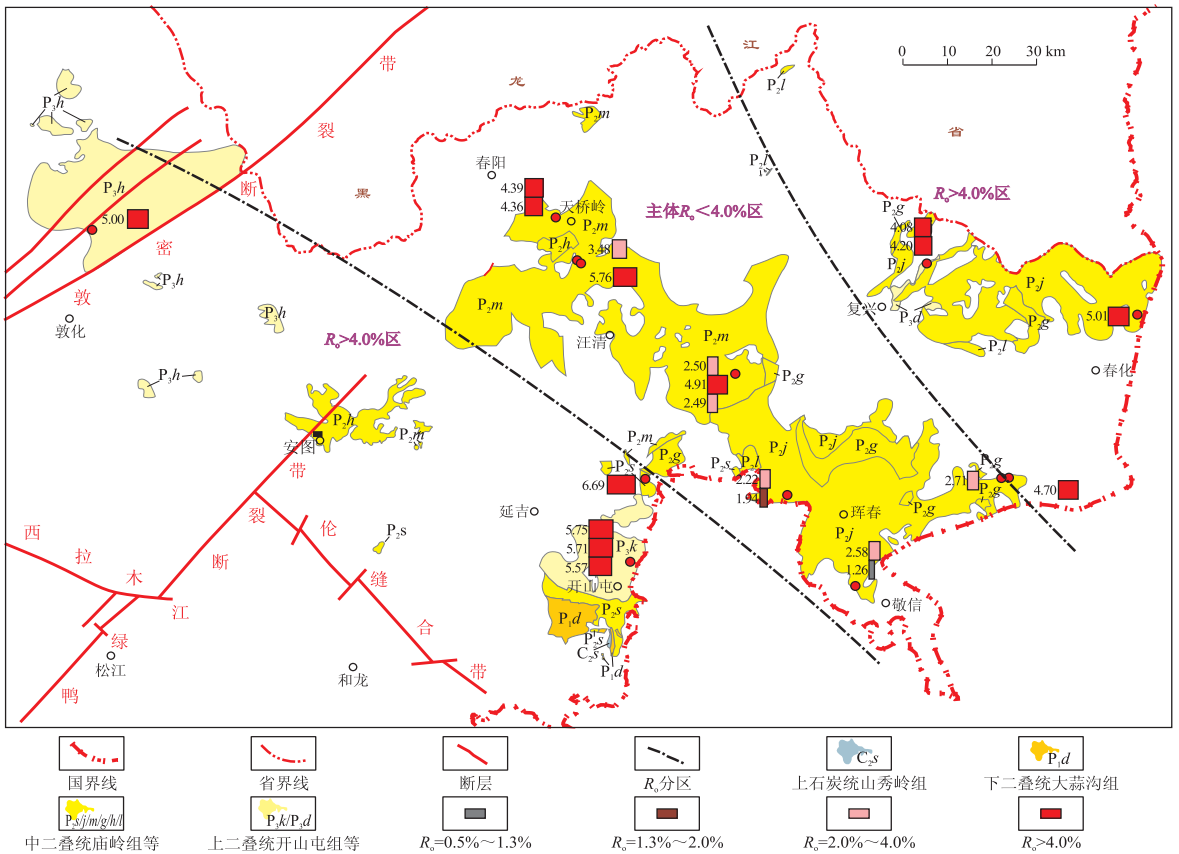


图7 延边地区上古生界暗色泥岩镜质体反射率分布

Fig.7 Distribution of R_o of dark mudstone in Upper Paleozoic, Yanbian area

选,剔除了测点少、可信度低的数据,最终获取了21个暗色泥岩有效镜质体反射率值。

该区上古生界暗色泥岩有效镜质体反射率值显示,9%的样品 R_o 值为1.26%~1.94%,处于高成熟阶段;29%的样品 R_o 值为2.22%~3.48%,处于干气生成阶段;62%的样品 R_o 值大于4.0%,生烃潜力趋于枯竭。

平面上,镜质体反射率值的分布不均一。研究区西南部的敦化—开山屯一带和研究区东北部的复兴—春化一带,镜质体反射率较高, R_o 大于4.0%(图7),反映出暗色泥岩生烃潜力趋于枯竭^[6-8]。而研究区中部的天桥岭—汪清—珲春一带,镜质体反射率相对较低,67%的样品 R_o 值小于4%,主体 R_o 值为2.22%~3.48%,其中天桥岭地区 R_o 值为3.48%~5.76%,汪清一带 R_o 值为2.49%~4.91%,部分暗色泥岩处于干气生成期;珲春—敬信地区 R_o 值为1.26%~2.71%,暗色泥岩整体处于高熟—干气生烃阶段。所以处于有效生烃阶段的暗色泥岩主要分布在珲春—敬信一带。

结合延边地区区域构造背景分析可知,造成上述暗色泥岩有机质成熟度不均一的原因主要是区域构造特征差异。研究区西南部的敦化—开山屯一带是华北板块与松嫩板块的交会区,同时研究区西部的敦化地区还是敦密断裂带的构造作用区,遭受的构造应力和热力场作用都比较强,所以有机质成熟度较高。与此类似,研究区东北部的复兴—春化一带是佳木斯地块与松嫩地块的交会区,其有机质成熟度也较高。而研究区中部的天桥岭—汪清—珲春一带属于松嫩地块区,其有机质成熟度相对较低,上古生界暗色泥岩还处于高成熟—干气有效生烃阶段。

3 油气资源潜力分析

综合延边地区上古生界发育规模、赋存情况及上述各项有机地球化学指标特征,初步对该区上古生界的油气资源潜力进行了分析^[9-12]。

在延边地区北部的天桥岭、东部的春化、西部的安图和南部的开山屯等大部分地区,虽然发育有大量的上古生界暗色泥岩或灰黑色大理岩化灰岩,但皆处于山区露头状态,没有实际的油气资源前景意义。只有位于研究区西北部敦化盆地和研究区东南部珲春盆地的上古生界暗色泥岩,具有一定的厚度和埋深,并被巨厚的中生代地层所覆盖,才有可能具有实际的油气资源前景。

其中敦化盆地的周边露头及地震和重磁资料研

究表明,该盆地基底中发育有厚度在400~1600m的上古生界上二叠统红山组,埋深达3000m。露头剖面显示,该上古生界下部由砾岩、砂岩组成,上部发育厚层黑色、灰黑色粉砂岩、泥岩。其暗色泥岩有机碳含量高,TOC含量为1.03%~2.51%,达到了好的烃源岩标准;其有机质类型以II-III型为主,具有生烃条件;但有机质成熟度较高, R_o 大于4.0%,生烃潜力极小。所以综合来看,敦化盆地基底发育的上古生界油气资源潜力较小^[13]。

但位于研究区东南部的珲春盆地,周边露头及地震和重磁资料揭示,盆地基底中发育的中二叠统解放村组,厚度约为1000~2500m,埋深达2000m。该地层下部由砂岩、粉砂岩组成,上部为泥质粉砂岩和泥岩。其暗色泥岩有机碳含量高,主体TOC含量为0.8%~1.0%,达到了中等烃源岩标准;有机质类型为II-III型,具有生烃条件;同时, R_o 为1.26%~2.58%,有机质成熟度处于高成熟—干气有效生烃阶段。所以,综合来看,珲春盆地基底发育的上古生界具有一定的油气勘探前景^[14-15]。

4 结论

1) 延边地区上古生界发育浅海相、湖相暗色泥岩和大理岩化灰岩,其有机质丰度高,有机质类型以II-III型为主,但有机质成熟度分布不均一。研究区西南部和东北部一带,镜质体反射率较高, R_o 大于4.0%,暗色泥岩生烃潜力趋于枯竭。而研究区中部的天桥岭—汪清—珲春一带,暗色泥岩有机质镜质体反射率相对较低,主体 R_o 为2.22%~3.48%,具有一定的生烃潜力。

2) 研究区东南部的珲春盆地,盆地基底中发育上古生界暗色泥岩,其暗色泥岩有机碳含量达到了中等烃源岩标准,有机质类型以II-III型为主,同时有机质成熟度处于高成熟—干气有效生烃阶段,具有一定的油气勘探前景。

参考文献:

- [1] 朱建辉,吕剑虹,缪九军,等. 鄂尔多斯西南缘下古生界烃源岩生烃潜力评价[J]. 石油实验地质,2011,33(6):662-670.
- [2] 王成文,马志红,孙跃武,等. 晚古生代海相地层:东北地区油气勘查的一个新层系[J]. 世界地质,2008,27(2):113-118.
- [3] 陈建平,梁狄刚,张水昌,等. 中国古生界海相烃源岩生烃潜力评价标准与方法[J]. 地质学报,2012,86(7):1132-1142.
- [4] 戴鸿鸣,黄东,刘旭宁,等. 蜀南西南地区海相烃源岩特征与评价[J]. 天然气地球科学,2008,19(4):503-508.
- [5] 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.

[6] 成海燕, 李安龙, 龚建明. 陆相烃源岩评价参数浅析[J]. 海洋地质动态, 2008, 24(2): 6-10.

[7] 蒋宜勤, 高岗, 柳广弟, 等. 塔城盆地石炭系烃源岩特征及其生烃潜力[J]. 石油实验地质, 2012, 34(4): 427-437.

[8] Goodhue R, Clayton G. Organic maturation levels, thermal history and hydrocarbon source rock potential of the Namurian rocks of the Clare Basin, Ireland [J]. Marine and Petroleum Geology, 1999, 16: 667-675.

[9] 秦建中. 中国烃源岩[M]. 北京: 科学出版社, 2005.

[10] 于林平, 曹忠祥, 李增学. 济阳拗陷石炭二叠系烃源岩有机地球化学特征[J]. 地质地球化学, 2003, 31(4): 68-73.

[11] 翟晓先. 塔里木盆地塔河特大型油气田勘探实践与认识[J]. 石油实验地质, 2011, 33(4): 323-331.

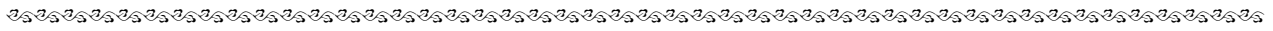
[12] Ismail H D, Huseyin K. Evaluation of burial history, thermal maturity and source-rock assessment of the Upper Paleozoic succession of the eastern Taurus region, southern Turkey [J]. Marine and Petroleum Geology, 1997, 14: 867-877.

[13] Belaid A, Krooss B M, Littke R. Thermal history and source rock characterization of a Paleozoic section in the Awbari Trough, Murzuq Basin, SW Libya [J]. Marine and Petroleum Geology, 2010, 27: 612-632.

[14] 李志明, 徐二社, 秦建中, 等. 烃源岩评价中的若干问题[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2010, 25(6): 8-12.

[15] 黄成刚, 陈启林, 阎存凤, 等. 柴达木盆地德令哈地区油气资源潜力评价[J]. 断块油气田, 2008, 15(2): 4-7.

(编辑 韩 彧)



(上接第 119 页)

[6] 李明诚, 李剑. “动力圈闭”: 低渗透致密储层中油气充注成藏的主要作用[J]. 石油学报, 2010, 31(5): 718-723.

[7] 陈志海. 特低渗油藏储层微观孔喉分布特征与可动油评价: 以十屋油田营城组油藏为例[J]. 石油实验地质, 2011, 33(6): 657-662.

[8] 张凤奇, 王震亮, 武富礼, 等. 低渗透致密砂岩储层成藏期油气运移的动力分析[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2012, 36(4): 32-39.

[9] 杨茜, 付玲. 致密砂岩气的成藏机理及勘探前景[J]. 断块油气田, 2012, 19(3): 302-307.

[10] 俞凌杰, 范明, 刘新伟, 等. 盖层封闭机理研究[J]. 石油实验地质, 2011, 33(1): 91-96.

[11] 李荣西, 段立志, 张少妮, 等. 鄂尔多斯盆地低渗透油气藏形成研究现状与展望[J]. 地球科学与环境学报, 2011, 33(4): 364-372.

[12] 侯瑞云, 柳林旺. 镇泾油田长 8 油层组特低渗岩性油藏成藏机制研究[J]. 石油实验地质, 2011, 33(4): 378-384.

[13] 田华, 张水昌, 柳少波, 等. 致密储层孔隙度测定参数优化[J]. 石油实验地质, 2012, 34(3): 338-345.

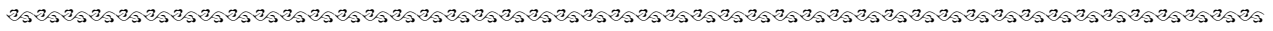
[14] 李永根, 徐胜峰. 地震岩石物理和正演模拟技术在致密砂岩储层预测中的应用研究[J]. 石油天然气学报, 2008, 30(6): 61-65.

[15] 王鹏, 李瑞, 刘叶. 川西拗陷陆相天然气勘探新思考[J]. 石油实验地质, 2012, 34(4): 406-412.

[16] 赵卫卫, 李得路, 查明. 陆相断陷盆地砂岩透镜体油藏成藏过程物理模拟[J]. 石油实验地质, 2012, 34(3): 438-445.

[17] 刘雅利, 程付启, 庄嘉翠, 等. 渤南洼陷北部陡坡带砂砾岩扇体油气成藏规律[J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(6): 23-26.

(编辑 徐文明)



《石油实验地质》被评为“RCCSE 中国核心学术期刊(A)”

由中国科教评价网(<http://www.nseac.com/>)最新公布的中国 6448 种学术期刊 2013 年评价结果显示,《石油实验地质》在地球科学类 184 种期刊中位列第 28 位,排名上升了 15 位(2011 年排名 43 位),被评为“RCCSE 中国核心学术期刊(A)”。

该评价结果由武汉大学中国科学评价研究中心(RCCSE)发布。“武汉大学中国科学评价研究中心”成立于 2002 年,由武汉大学信息管理学院、教育科学学院、学校图书馆、社科部、科技部等单位组建而成,是一个多学科交叉、跨院系联合,集科学研究、人才培养和评价服务于一体的实体性学术研究机构,也是我国高校中第一个综合性的科教评价研究中心。该中心每 2 年发布一次“中国学术期刊评价研究报告”,其结果权威、可靠,是目前国内最详细、排行榜最多的学术期刊评价研究报告。

(徐文明)