

松辽盆地及外围上古生界油气资源战略选区研究进展

任收麦¹, 乔德武¹, 张兴洲², 刘永江², 王楠¹, 孙跃武², 唐振兴³, 崔永谦⁴

REN Shou-mai¹, QIAO De-wu¹, ZHANG Xing-zhou², LIU Yong-jiang²,

WANG Nan¹, SUN Yue-wu², TANG Zhen-xing³, CUI Yong-qian⁴

1. 国土资源部油气资源战略研究中心, 北京 100034;

2. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061;

3. 中国石油吉林油田公司勘探开发研究院, 吉林 松原 138000;

4. 中国石油华北油田公司物探研究院, 河北 任丘 062552;

1. *Strategic Research Center of Oil & Gas Resources, Ministry of Land and Resources, Beijing 100034, China;*

2. *The College School of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China;*

3. *Petroleum Exploration and Development Institute of Petrochina Jilin Oilfield Company, Songyuan 138000, Jilin, China;*

4. *Geophysical Exploration Research Institute of HuaBei Oil Field Company, Renqiu 062552, Hebei, China*

摘要:松辽盆地及外围上古生界油气地质研究和勘探程度均较低,资源前景广阔。通过油气资源战略选区工作,第一阶段针对石炭系和二叠系,开展前期的盆地评价和战略选区,实施少量的地球物理勘查和科探井工程等实物工作量,围绕古生界构造演化、地层和岩相古地理、有效烃源岩以及可能的油气远景区等方面,研究盆地深部晚古生代盆地性质,揭示在新的构造体制下不同构造阶段盆地的演化规律,基本查明松辽盆地及外围上古生界的分布、厚度、岩性、岩相特征,开展烃源岩的时效性、原型盆地恢复与重建、构造演化历史和有利成藏条件研究,提出有利远景区,供企业进一步勘探验证,这对发展和创新石油地质理论,实现松辽盆地及外围油气勘探的可持续发展,具有重要的经济社会意义。

关键词:松辽盆地;油气资源;勘探;战略;选区

中图分类号:P534.4; P618.13

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2011)02/03-0197-08

Ren S M, Qiao D W, Zhang X Z, Liu Y J, Wang N, Sun Y W, Tang Z X, Cui Y Q. 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. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(2/3):197-204

Abstract: There is a few of research and exploration on the Upper Paleozoic petroleum resources in Songliao Basin and its surrounding areas where showing good potential oil-gas resources. In recent years, potential area selection work has been carried out by China in the Carboniferous and Permian layers. Based on the field work, geophysical exploration and scientific well, characteristic of Paleozoic Songliao Basin, history of tectonic evolution in different stages of new tectonic system, the distribution, thickness, aging effect of resource rock and favorable reservoir conditions of Upper Paleozoic, have been studied and evaluated. In order to provide some area for Petroleum Company checking, potential petroleum targets have been chosen. This work is significance to develop new petroleum geological theory and keep stable and sustained development of oil and gas exploration of Songliao Basin and adjacent areas.

Key words: Songliao Basin; oil & gas resources; exploration; strategy; potential area selection

松辽盆地及外围是中国重要的石油工业基地,几十年来,区内大庆油田、吉林油田和东北石油局

等油田企业为国家的经济社会发展做出了巨大的贡献。松辽盆地及外围上古生界的研究和勘探程度

收稿日期:2010-09-30;修订日期:2010-12-27

资助项目:国土资源部油气专项《松辽盆地及外围上古生界油气资源战略选区》(编号:2009GYXQ12)

作者简介:任收麦(1973-),男,研究员,从事构造地质学和油气资源战略选区研究。E-mail:realshaw@vip.sina.com

均较低,尚未引起石油企业的高度重视。因此,通过国家油气资源战略选区工作,针对石炭系和二叠系,开展前期的盆地评价和战略选区,实施少量的地球物理勘查和科探井工程等实物工作量,研究盆地深部晚古生代盆地的性质,揭示在新的构造体制下不同构造阶段盆地的演化规律,基本查明松辽盆地及外围上古生界的分布、岩性特征、构造演化历史和有利的成藏条件,提出有利目标区,供企业进一步勘探验证,这对发展石油地质理论,实现松辽盆地及外围油气勘探的可持续发展,具有重要的经济社会意义。本文以松辽盆地及外围上古生界油气地质研究现状和战略选区工作进展总结分析为基础,提出该区进一步工作的重点和方向,以供参考。

1 古生代构造演化

关于对东北地区古生代构造格局的认识,前人有2种意见。一是根据多旋回槽台理论认为,东北地区属于东亚华力西地槽褶皱区的一部分,主体分为内蒙-大兴安岭和吉黑2个多旋回地槽褶皱系(延边地区后来归入滨太平洋地槽褶皱系),其中包含若干兴凯期固结的古老地块(佳木斯地块、额尔古纳地块等),最东部为那丹哈达优地槽褶皱带^[1-2]。二是应用板块构造理论在东北地区划分出4条板块俯冲带,将中国东北划入北亚(安加拉赫斯坦)构造域蒙古-兴安(陆缘)亚构造域(区内含兴安地块),布列亚-松辽亚构造域(包含布列亚地块、佳木斯地块、松辽地块)^[3-4]。结合前人的研究成果,有学者提出微板块和褶皱带的概念,认为东北地区微板块包括克鲁伦-额尔古纳微板块、伊勒呼里微板块、托托尚-锡林浩特微板块、松辽微板块、布列因-佳木斯微板块、兴凯微板块;褶皱带包括额尔古纳加里东褶皱带、扎格迪华力西褶皱带、南蒙-兴安华力西褶皱带、西拉木伦华力西褶皱带、西锡霍特华力西褶皱带、东锡霍特燕山褶皱带^[5-6]。这2种认识在20世纪90年代前一直是该区区域地质研究和资源勘查工作的主导理论基础,以黑龙江、内蒙古、吉林、辽宁四省区区域地质志和油田的区域性总结成果为代表^[7-9]。

20世纪90年代以来,虽然提出了地体、微板块、微板块与造山带(缝合带)相间等构造演化认识^[5-6,10-11],但仍然没有摆脱该区是西伯利亚和华北两大古板块之间的华力西期褶皱带或造山带的认识。在这种背景下,人们所关注的是基底构造单元的划分问题,其

中各块体间拼贴带的性质和位置成为研究的重点,而将东北地区作为一个整体研究与华北板块的关系,即古亚洲洋东段的最终闭合位置和时限成为问题的焦点。其中代表性的有2种观点:一种观点将西拉木伦河断裂作为华北板块与西伯利亚板块的缝合线^[3,12-13],另一种观点认为缝合线沿二连浩特南至锡林浩特北或贺根山一线展布^[14-15]。关于拼合时限,西拉木伦河碰撞拼接带的形成时间和东向延伸尚有争议,根据蛇绿岩带的同位素年龄确定为早古生代,根据古生物研究认为其形成时代为晚古生代末。对贺根山拼接带的拼合时限认识较为一致,其形成时代为中、晚泥盆世—早石炭世^[16]。

最新的研究认为,东北北部地区主要由东部佳木斯地块、中部-松嫩地块和西部额尔古纳-兴安地块构成,各地块在晚古生代已经完全拼合,形成统一的佳-蒙地块^[17-19]。晚古生代晚期开始,东北地区进入统一的盖层演化阶段,在佳-蒙地块南缘发育了晚古生代具有大陆边缘沉积特征的盖层建造。晚古生代早期佳-蒙地块南缘为活动陆缘,在约320Ma向北的俯冲过程中古亚洲洋板块发生断离,形成火山弧,持续的向北俯冲导致弧陆碰撞,并于约280Ma贺根山洋已经完全闭合,佳-蒙地块南缘开始由活动陆缘向被动陆缘环境转化,晚二叠世末期古亚洲洋完全闭合转入内陆环境^[20-21],东北地区前中生代构造格局基本形成(图1)。

然而,基于上古生界油气资源战略选区的目的,该区上古生界的分布规律、稳定的沉积中心,中生代以来西部西伯利亚板块与佳-蒙地块、东部白垩纪大陆边缘浊积岩及火山岩与佳蒙地块的闭合时间和演化历史,各微板块之间拼合的时代,佳木斯微板块的最后拼贴时期及其构造属性,古亚洲洋与滨太平洋两大构造域叠加转换的时限、机制和对油气成藏的影响等问题尚需进一步研究。

2 古生代地层与岩相古地理

2.1 古生代地层

20世纪80~90年代,东北地区晚古生代区域地层工作主要围绕地表露头,通过1:20万地质填图完成,对松辽盆地及外围石炭纪—二叠纪地层的沉积环境和古气候环境进行了研究^[22-25]。满洲里—绥芬河地学断面研究成果和大地电磁测深等地球物理结果揭示,松辽盆地、二连盆地、海拉尔盆地乃至大兴安

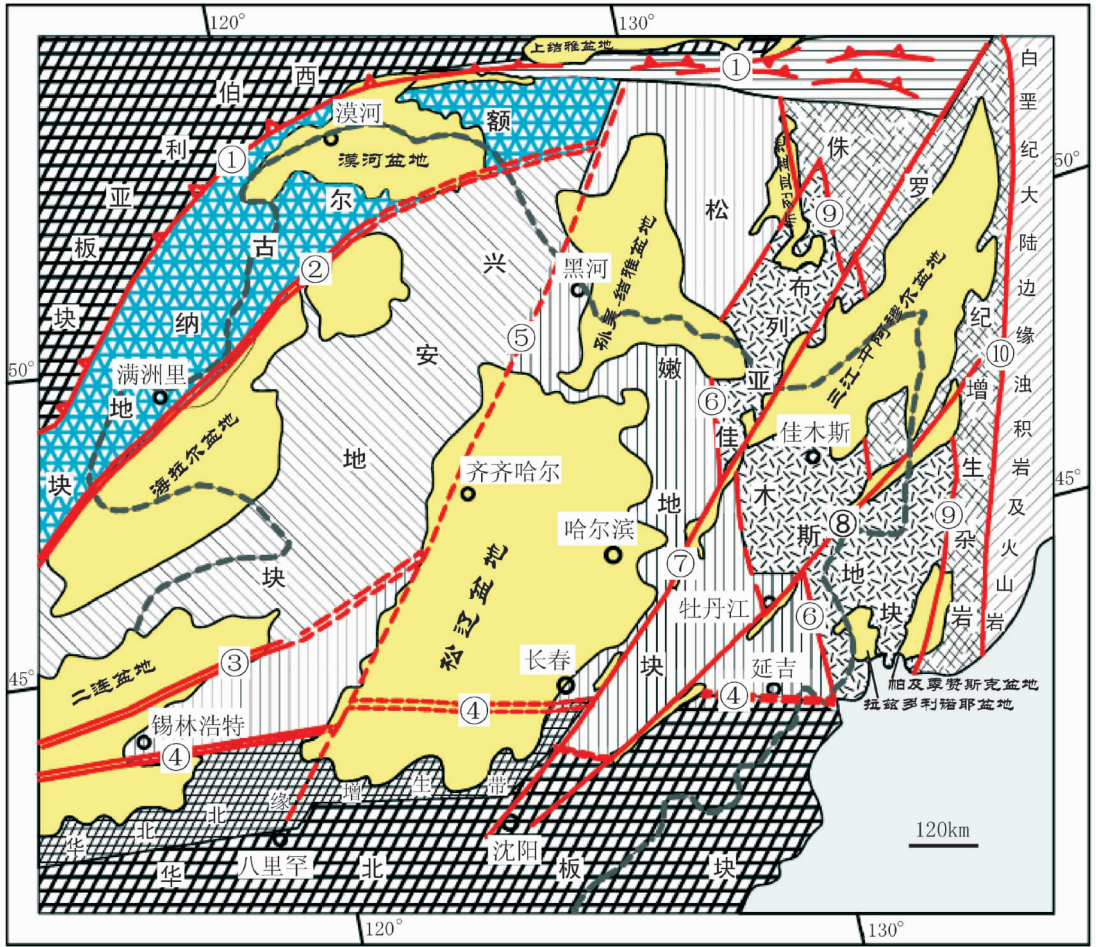


图 1 松辽盆地及外围地区构造单元划分图

Fig. 1 Tectonic divisions of Songliao Basin and its adjacent area

- ①鄂霍次克海缝合带;②得尔布干构造带;③贺根山缝合带;④西拉木伦河缝合带;⑤嫩江—八里罕走滑断裂带;
- ⑥牡丹江断裂带;⑦伊通—依兰走滑断裂带;⑧敦—密走滑断裂带;⑨锡霍特—阿林构造带

岭火山岩之下均普遍发育上古生界。

2009~2010年,根据对东北地区露头和钻井岩心古生物的分析鉴定,特别是牙形石的发现,重新厘定了晚石炭世—早二叠世的年代地层,建立并统一了晚古生代岩石地层序列;厘定了区内发育的早泥盆世、早石炭世、中二叠世、晚二叠世4套暗色泥岩和灰岩(图2),其中3套为海相沉积建造,1套为陆相沉积建造。就暗色泥岩而言,中二叠世哲斯组和晚二叠世林西组厚度最大,分别大于1000m和500m。伊利石结晶度等数据分析表明,上古生界多处于高级成岩演化阶段,并未遭受区域变质,局部受热接触和动力变质作用的影响,但范围有限。

松辽盆地及外围的石炭系地表露头主要分布在

海拉尔、黑河、林西、东乌旗等地,以泥岩和碳酸盐岩为主,二叠系地表露头主要分布在松辽盆地东侧的哈尔滨、牡丹江以东和盆地西侧的阿尔山、齐齐哈尔等地,岩性以碳酸盐岩和火山碎屑岩为主。对西乌旗—索伦地区晚石炭世—二叠纪地层的实测剖面结果表明,上石炭统一二叠系总厚度可达11598.34m,其中暗色泥岩厚度2419.25m,灰岩厚度962.79m。上石炭统本巴图组厚度987.26m,阿木山组537.88m;下二叠统大石寨组厚度大于5000m,中二叠统哲斯组厚度大于1919.75m,上二叠统林西组的厚度大于3046.1m;吉中地区石炭纪—二叠纪地层总厚度可达8056.92m,暗色泥岩厚度130.3m,灰岩厚度1229m。其中,通气沟组厚度115.8m,鹿圈屯组厚度

地层区		兴安地层区		内蒙古草原-松花江地层区			宝清-东宁地层区	
地区		海拉尔	黑河	林西-东乌旗	吉中	滨东	沙兰-东宁	密山
T				老龙头组	卢家屯组	老龙头组	山谷旗组	
P	P ₃			林西组	杨家沟组	洪山组 <small>林西组 五道岭</small>	五道岭组	红山组 杨岗组
	P ₂			哲斯组 <small>包特格</small>	哲斯组	哲斯组	双塔子组	
	P ₁			大石寨组 <small>宝力高组 将根敖包 阿木山 嘎干诺尔</small>	大河深组 寿山沟组	大石寨组	庙岭组	二龙山组 珍子山组 光庆组
C	C ₂	新伊根河组	新伊根河组	本巴图组	磨盘山组	唐家屯组	平阳镇组	
	C ₁	红水泉组	查格拉河组 <small>洪湖吐河 花达气</small>	色日巴彦敖包组	鹿圈屯组 余富屯 通气沟组			北兴组
D	D ₃	安格尔音乌拉组 <small>塔尔巴格特组</small>	小河里河组 根里河组					七里嘎山组
	D ₂		腰桑南		王家街组	福兴屯组 <small>宏川</small>		老秃顶子组
	D ₁	泥鳅河组	泥鳅河组			黑龙宫组	黑台组	黑台组
S	S ₃	卧都河组	卧都河组	西别河组	西别河组			

图2 松辽盆地及外围地区古生代地层序列

Fig. 2 Paleozoic strata of Songliao Basin and its adjacent region

1789.7m, 磨盘山组厚度 385m, 寿山沟组厚度 272.8m, 大河深组厚度大于 3687.2m, 范家屯组厚度大于 1478.12m, 杨家沟组厚度大于 444m。已有钻井揭示, 松辽盆地和二连盆地内部也存在厚度较大的石炭系—二叠系, 据不完全统计, 盆地内二叠系林西组以黑色泥岩、粉砂质泥岩为主, 下部夹少量砂砾岩, 厚度大于 1290m, 二叠系哲斯组以灰黑色泥灰岩、泥岩为主, 含腕足等动物化石, 厚度大于 537.8m。

2.2 岩相古地理

目前的研究表明, 松辽盆地及外围发育海相、海陆交互相和陆相的上石炭统一二叠系。其中上石炭统陆相沉积分布在松辽盆地北部乌兰浩特—哈尔滨以北地区, 大兴安岭地区、松嫩地块东缘和佳木斯地块东缘也有少量分布; 海陆交互相和海相沉积分布在二连浩特—长春一带; 早二叠世为浅海—深浅海环境, 由东向西海水变深, 底部为偏碱性中酸性安山岩, 其上为海相或海陆交互相碎屑—碳酸盐岩建造; 中二叠世以海相沉积为主, 晚二叠世转为陆相沉积。初步的分析结果显示, 东北地区在晚石炭世—二叠纪发育一个规模巨大、向南敞开的沉积盆地, 而且具

有南海北陆的沉积古地理格局^[18, 26], 推测沉积中心可能位于二连盆地东南—西乌旗—索伦—松辽盆地西斜坡一带。砂岩中碎屑锆石年代学研究表明, 中二叠世物源来自佳—蒙地块, 晚二叠世具有华北和佳—蒙地块的双重物源特征。

虽然通过近几年的调查研究, 笔者初步勾画了松辽盆地及外围晚古生代地层区域沉积和构造环境, 但由于地表露头和盆地内钻井有限, 所揭示的二叠纪地层, 受钻井深度的影响, 并不能真正代表盆地的石炭纪—二叠纪地层序列, 尚未揭露石炭纪地层。这不仅给晚古生代地层的区域性对比带来困难, 也给地震标定带来不确定的因素。其中, 地层沉积间断或明显的角度不整合接触关系在野外不易观察到, 给厘定晚古生代沉积地层与构造层的关系, 中、新生代构造事件对古生界的影响和晚古生代地层的隆升历史研究带来困难, 直接制约了对晚古生代沉积背景、成盆规律和构造格架的认识。

3 上古生界有效烃源岩

3.1 有机质丰度类型

松辽盆地底部发育的石炭系—二叠系具有有机

质丰度高、热演化程度高的特点。油源对比结果表明,二叠系粉—细砂岩裂缝中干沥青是由石炭系—二叠系本身生成的^[27]。在松辽盆地四深 1 井上古生界发现 8 个含气层段,气源均为上古生界烃源岩,肇深 8 井在营城组中发现的天然气甲烷占烃类气体含量的比例大于 95%,气源岩对比表明肇深 8 井天然气源于石炭系—二叠系泥板岩,说明石炭系—二叠系是已证实的气源岩^[28]。

在露头区,内蒙古索伦地区发育有上二叠统林西组和索伦组,中二叠统哲斯组和吴家屯组,上石炭统一二叠统本巴图组和阿木山组,下石炭统白家店组和红水泉组 4 套烃源岩。其中上二叠统和中二叠统暗色泥岩单层厚度最大,均达百余米,区域分布广泛^[29]。二连盆地上古生界主要烃源岩为暗色泥岩,纵向上主要发育在寿山沟组、哲斯组及林西组中,横

向上主要分布在西乌旗和阿巴嘎旗地区。部分烃源岩分析结果显示,有机碳含量一般在 0.16%~1.0%之间,最高 1.3%,达到中等—好烃源岩标准;灰岩有机碳含量一般在 0.01%~0.16%之间,最高 0.26%,为非—差烃源岩,部分可达到中等烃源岩标准。可作为烃源岩的灰岩纵向上主要发育在泥鳅河组一段、大石寨组和哲斯组,横向上主要分布在东乌旗、满都拉旗和西乌旗地区。

3.2 热演化和二次生烃

松辽盆地钻遇石炭系—二叠系的有 41 口井,目前描述的基底岩石类型主要为板岩,含有一定数量的残余有机质^[30],有机质成熟度普遍较高,达到 2.05%~7.6%,已普遍进入过成熟阶段,烃源岩类型多样,既有煤系烃源岩,又有碳酸盐岩烃源岩,也有河湖相烃源岩^[28]。海拉尔盆地内部已有 11 口井钻遇上

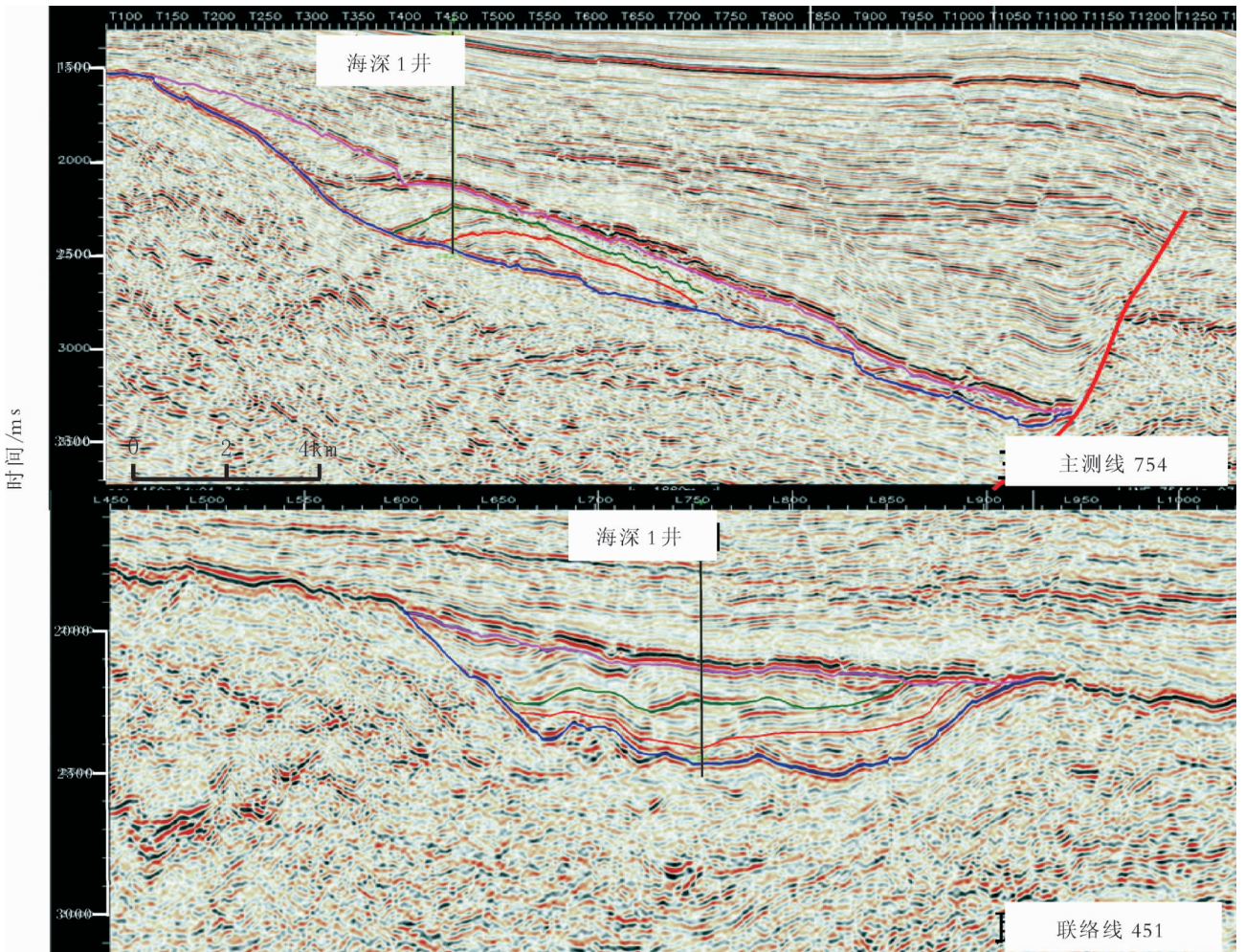


图 3 过海深 1 井三维地震时间剖面
Fig. 3 3D seismic profile pass well Haishen-1

古生界。其中有7口井钻遇黑色板岩、泥板岩、泥灰岩和碎裂灰岩,钻遇的上古生界的厚度为35~658m,有4口井钻遇的上古生界厚度超过160m。二连盆地中钻遇古生界的井有267口,其中赛51、赛古2、阿古1等井在古生界中见到不同程度的油气显示和发现。上古生界地表露头烃源岩有机碳含量大于0.6%的样品均超过50%,覆盖区有机碳含量应该更高,烃源岩的生烃潜量(S_1+S_2)和氯仿沥青“A”的含量都较

低,这与该区烃源岩的热演化程度较高有一定的关系。林西县官地、西乌旗哈日根泰剖面的晚二叠世林西组,乌兰浩特大石寨剖面的晚二叠世索伦组和扎鲁特旗鲁北剖面的中二叠世吴家屯组烃源岩 R_o 值均在1.0%~2.0%之间,为成熟—高成熟阶段^[29],索伦地区哲斯组泥岩有机碳含量大于0.6%的样品占98%, R_o 平均值3.24%,表明干酪根演化进入高一过成熟阶段^[31]。

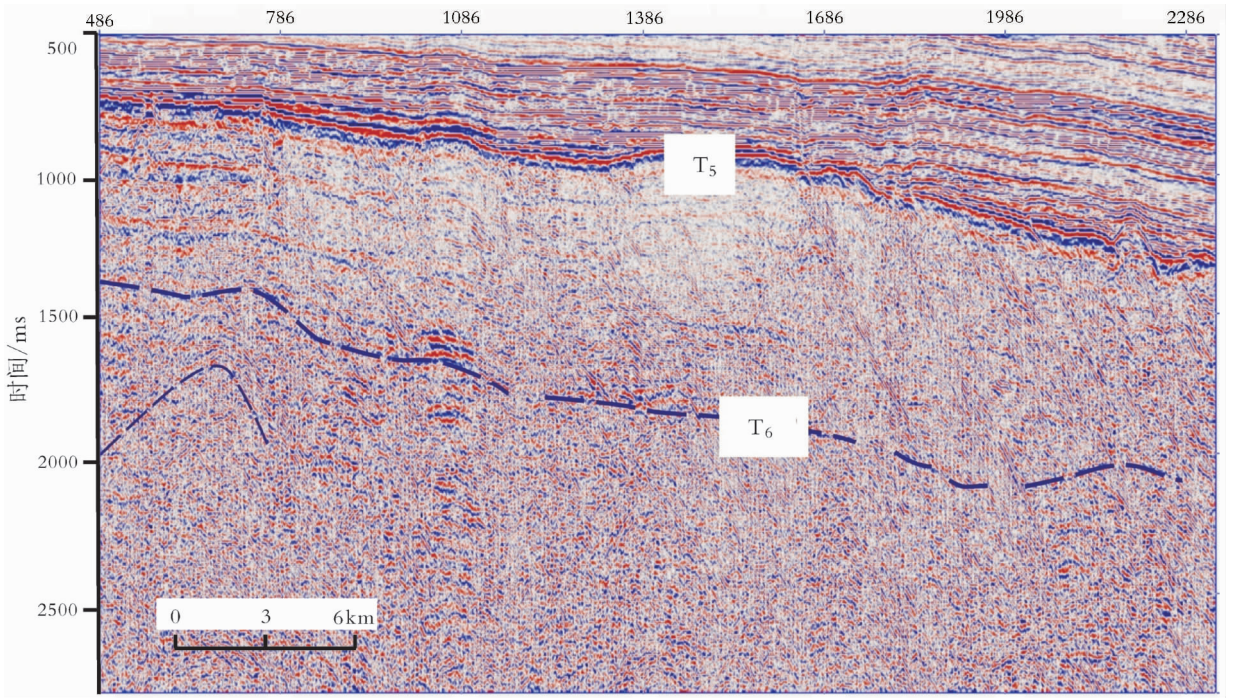


图4 测线561.5地震剖面初步解释结果

Fig. 4 Preliminary explanation result of seismic line 561.5 profile

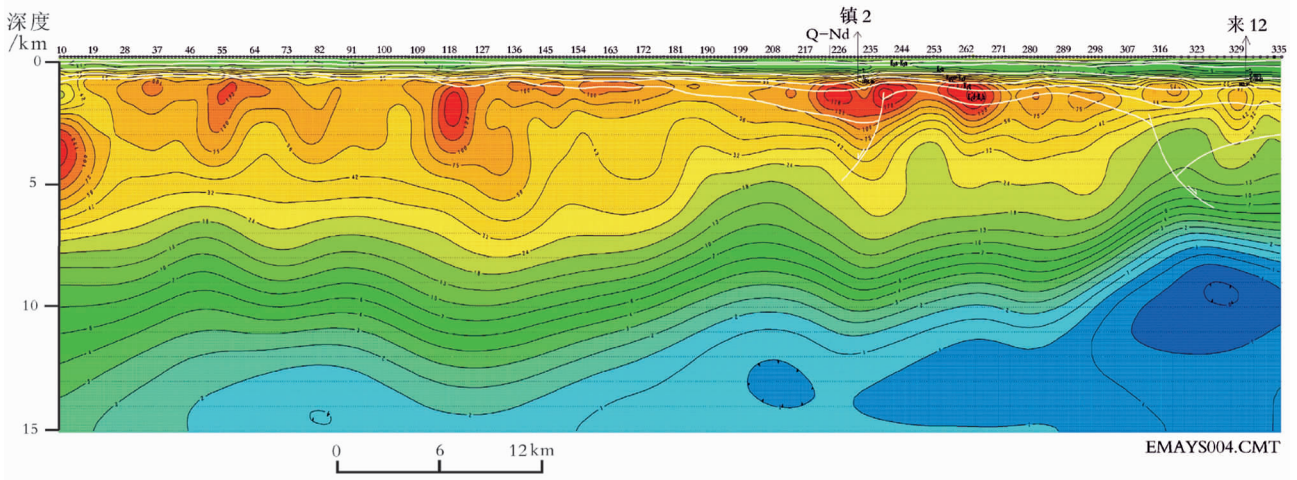


图5 松南西部斜坡洮南 CEMP4 线电阻率剖面

Fig. 5 Resistivity profile of CEMP4 of western slope of Songliao Basin

对松辽盆地、龙江地区和吉林地区二叠纪烃源岩的研究^[27, 29-30]表明,二叠纪烃源岩有机质类型均为Ⅱ~Ⅲ型,烃源岩生烃研究表明,二叠纪烃源岩存在印支期、燕山期、喜马拉雅期3期生烃高峰^[28]。索伦镇哲斯组灰岩和砂岩中沥青的发现,显示了上古生界经历过油气生成和运移过程。

松辽盆地内烃源岩的有机质成熟度数据分析表明,四深1、庄深1、双深1等井在同一深度段二次测试的结果存在较大偏差,地表不同位置的样品、井下样品等烃源岩指标也存在差异,尤其是在中生代地层上覆沉积之前烃源岩的原始有机质丰度、有机质成熟度、生烃潜力和主力生烃时代的确定,仍是制约油气资源成藏和资源量评价的一个关键问题。

4 上古生界可能的有利构造或远景区

4.1 松辽盆地大布苏-海坨子构造

松辽盆地大布苏-海坨子构造勘探程度较高,通过对2个地质异常体的分析对比,地质体的顶底已落实,面积208.5km²,内部背斜形态较为清楚(图3),翼部地层残留厚度大,推测为早中生代或古生代地层。通过探井钻探,可落实海坨子地质异常体的地层时代,了解地质异常体的烃源岩发育情况,落实地质体中内部背斜的含油气情况。

4.2 松辽盆地南部西部斜坡

松辽盆地西部斜坡二维地震资料揭示,T₃之下存在清晰的反射界面(图4),内部可见不整合面,不整合面之下的盆地地层遭受变形和褶皱,不整合面之上的盆地地层近乎水平,未遭受显著的变形,推测下部可能是石炭系-二叠系盆地,上部可能是早中生代盆地。松辽盆地南部西部斜坡的电法资料显示出3层电性结构(图5),推测中部的高阻层很可能为早中生代盆地,高阻之下的低阻层可能为石炭系-二叠系盆地,有待进一步工作落实。

4.3 伊通盆地莫里青断陷

伊通盆地位于伊舒地堑内,横穿盆地的电法剖面显示存在双层典型的低阻结构特征,下部低阻层推测可能为古生界。莫里青断陷内的马鞍山潜山是一个断阶式低潜山,东高西低,断块从西向东逐渐抬升;潜山之上为双阳组暗色泥岩,既可作为烃源岩也可作为良好的盖层;西侧紧邻靠山凹陷,潜山与双阳组暗色泥岩通过断层直接接触;马鞍山潜山圈闭面

积32km²,山体高度300~500m,高点海拔-2400m。马鞍山潜山已被三维地震所覆盖,圈闭已落实,油气成藏条件优越,是目前最为有利的钻探目标。

4.4 内蒙古赛汉塔拉凹陷

根据赛51井等钻井的资料,在对前中生代地层序和上古生界特征研究的基础上,确定扎布断层下降盘上古生界总体呈背斜形态,背斜南北两翼残留石炭系,核部为中元古界蓟县系。局部受断层控制,地垒高部位出露蓟县系。经标定,其地震反射特征明显,较好地反映了不同年代的地层和不同岩性的地层的接触关系,可较准确地落实上古生界的分布范围。利用中生界的钻井加深钻探上古生界,在揭示、研究晚古生代地层层序的同时兼探其含油气性,对深化上古生界的研究和目标的突破有较大的战略意义。

4.5 内蒙古西乌旗-索伦地区

内蒙古西乌旗-索伦地区是石炭系-二叠系地表最发育的地区,林西地区上石炭统一二叠系出露面积约3.5×10⁴km²,索伦地区上石炭统一二叠系出露面积约4×10⁴km²,地表覆盖地层除第四系外,还有侏罗系火山岩。因此,火山岩和第四系覆盖区之下的上古生界残余盆地应作为深部油气选区的重要领域之一。

致谢:在成文过程中,张抗、李思田和葛肖虹教授提出了建设性的意见,在此表示诚挚的感谢。

参考文献

- [1]黄汲清,任纪舜,姜春发,等.中国大地构造及其演化——1:400万中国大地构造图简要说明[M].北京:科学出版社,1980.
- [2]黄汲清,任纪舜,姜春发,等.中国大地构造及其演化[M].北京:科学出版社,1983.
- [3]李春昱.中国板块构造的轮廓[J].中国地质科学院院报,1980,2(1):11-19.
- [4]王鸿祯,刘本培,李思田.中国及邻区大地构造划分和构造发展阶段[M].武汉:中国地质大学出版社,1990.
- [5]任纪舜,牛宝贵,刘志刚.软碰撞、叠覆造山和多旋回缝合作用[J].地学前缘,1999,6(3):85-93.
- [6]谢鸣谦.拼贴板块构造及其驱动机理——中国东北及其邻区的大地构造演化[M].北京:科学出版社,2000.
- [7]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.
- [8]黑龙江省地质矿产局.黑龙江省区域地质志[M].北京:地质出版社,1993.
- [9]内蒙古自治区地质矿产局.内蒙古自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1991.

- [10]赵春荆,彭玉鲸,党增欣,等. 吉黑东部构造格架及地壳演化[M]. 沈阳: 辽宁大学出版社,1996.
- [11]张贻侠,孙运生,张兴洲,等. 中国满洲里-绥芬河地学断面 1:100 万说明书[M]. 北京: 地质出版社,1998.
- [12]王鸿祯. 从活动论观点论中国大地构造分区[J]. 地球科学——武汉地质学院学报,1981, (1): 42-66.
- [13]王荃,刘雪亚,李锦轶. 中国华夏与安加拉古陆间的板块构造[M]. 北京: 北京大学出版社,1991.
- [14]谢同伦. 内蒙古中生代地槽的兴衰[J]. 内蒙古地质,1980, (2): 1-5.
- [15]苏养正. 论图瓦贝 *Tuvaella* 的时空分布和生态环境[J]. 古生物学报,1981, 20(6): 567-576.
- [16]Li J Y. Permian geodynamic setting of Northeast China and adjacent regions: closure of the Paleo-Asian Ocean and subduction of the Paleo-Pacific Plate[J]. Journal of Asian Earth Sciences,2006, 26(3/4): 207-224.
- [17]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.
- [18]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.
- [19]Chengwen W, Yuewu S, Ning L, et al. Tectonic implication of Late Paleozoic stratigraphic distribution in Northeast China and adjacent region[J]. Science in China(Series D: Earth Sciences), 2009, 52(5): 619-626.
- [20]张梅生,彭向东,孙晓猛. 中国东北区古生代构造古地理格局[J]. 辽宁地质,1998, (2): 91-96.
- [21]刘永江,张兴洲,金巍,等. 东北地区晚古生代区域构造演化[J]. 中国地质,2010, 37(4): 943-951.
- [22]内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社,1996.
- [23]吉林省地质矿产局. 吉林省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社,1997.
- [24]黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社,1997.
- [25]辽宁省地质矿产勘查开发局. 辽宁省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社,1997.
- [26]王鸿祯. 中国古地理图集(及说明书)[M]. 北京: 中国地图出版社, 1985.
- [27]刘晓艳,杜鸿烈,陈章明,等. 松辽盆地边缘石炭—二叠系地表石油显示及其地质意义[J]. 地球化学,2001, 30(4): 390-394.
- [28]任战利,萧德铭,迟元林. 松辽盆地基底石炭—二叠系烃源岩生气期研究[J]. 自然科学进展,2006, 16(8): 974-979.
- [29]张永生,王延斌,卢振权,等. 松辽盆地及外围地区石炭系—二叠系烃源岩的特征[J]. 地质通报,2011,30(2/3): 214-220.
- [30]冯子辉,孙春林,刘伟,等. 松辽盆地基底浅变质岩的有机地球化学特征[J]. 地球化学,2005, 34(1): 73-78.
- [31]宋土顺,朱占平,曲希玉,等. 内蒙古乌兰浩特市索伦镇中二叠统哲斯组海相暗色泥岩有机地球化学特征[J]. 地质通报, 2011, 30 (2/3): 300-307.