



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

董清水¹, 高屹¹, 王立贤², 杨光², 李世臻³, 朱莹¹, 王丹丹³

1. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 中国石油吉林油田分公司勘探部, 吉林 松原 138000;
3. 中国地质调查局油气资源调查中心, 北京 100083

摘 要: 松辽盆地外围东南部中生代残留盆地群, 近年发现了良好的油气显示, 实现了工业油气流井突破。但盆地之间相互关系及其成藏特征研究薄弱, 制约了该区油气勘探工程的部署和资源前景预测。为此, 在油气勘探工程调查的基础上, 通过系统的野外地质调研和测试分析, 综合研究得出: 松辽盆地外围东南部中生代残留盆地皆为独立的断陷盆地, 其内下白垩统的下桦皮甸子组和亨通山组发育中等—好的烃源岩, 并形成了良好的自生自储、下生上储和上生下储型生储盖组合, 具有一定的油气勘探前景; 其隐蔽的岩性油气藏和刺穿构造油气藏是有利的油气勘探方向。

关键词: 残留盆地; 烃源岩; 油气前景; 中生代; 松辽盆地

INTERRELATION BETWEEN MESOZOIC RESIDUAL BASINS IN THE SOUTHEASTERN PERIPHERY OF SONGLIAO BASIN AND OIL-GAS EXPLORATION PROSPECT

DONG Qing-shui¹, GAO Yi¹, WANG Li-xian², YANG Guang², LI Shi-zhen³, ZHU Ying¹, WANG Dan-dan³

1. School of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China; 2. Exploration Department of Jilin Oilfield Company, PetroChina, Songyuan 138000, Jilin Province, China; 3. Oil and Gas Resources Survey Center, CGS, Beijing 100083, China

Abstract: In recent years, good oil-gas indications have been found in the Mesozoic residual basins in the southeastern periphery of Songliao Basin, making a breakthrough in industrial oil-gas flow wells. However, the weak research on interrelation between basins and hydrocarbon accumulation characteristics restricts the deployment of oil-gas exploration engineering and prediction of resources prospect. Therefore, based on the oil-gas exploration engineering survey, through systematic field geological survey and test analysis, it is concluded that the Mesozoic residual basins are all independent fault basins, with medium-good source rocks developed in the Lower Cretaceous Xiahuapidianzi Formation and Hengtongshan Formation, forming good source-reservoir-cap assemblages of self generation-self storage, lower generation-upper storage, and upper generation-lower storage, with a certain oil-gas exploration prospect. The subtle lithologic oil-gas reservoir and diapiric-structure reservoir are favorable exploration direction.

Key words: residual basin; source rock; oil-gas prospect; Mesozoic; Songliao Basin

收稿日期: 2021-04-29; 修回日期: 2021-05-07. 编辑: 张哲.

基金项目: 吉林油田科技攻关项目“吉林南部地区重点盆地构造研究及勘探潜力分析”(JS2015-W-13-JZ-23-47); 中国地质调查局项目“松辽外围东南部油气调查工程跟踪评价”(编号 DD20160165-2).

作者简介: 董清水(1963—), 男, 博士, 教授, 主要从事石油地质教学与科研工作, 通信地址 吉林省长春市建设街 2199 号, E-mail//dq9518@163.com

通信作者: 王立贤(1967—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事油气地质勘探工作, 通信地址 吉林省松原市宁江区沿江东路 1219 号, E-mail//wanglx-jl@petrochina.com.cn

0 引言

松辽大型含油气盆地勘探程度已经很高, 油气寻找难度越来越大, 加之老油田开发程度已进入中后期, 亟需开辟新的油气勘探领域接替. 松辽盆地外围东南部分布有伊通、双阳、梅河、柳河、通化、红庙子、桓仁、抚松、鸭绿江等多个中小型中生代残留盆地(图 1), 近年已经成为油气资源调查的重要对象.

前人在该区主要开展了基础地质调查工作^[1], 建立了研究区基本地层层序、构造格架, 基本查明了地层展布特征, 确定了区域岩浆活动基本特征和分布, 初步建立了主要盆地地层-构造格架, 揭示了盆地部分烃源岩发育特征, 为后期油气地质调查积累了丰富的钻井资料和基础地质数据. 20 世纪 80 年代以来, 吉林油田先后在不同盆地开展了有机地球化学普查、重磁电

勘探、二维地震勘探及钻探等工作. 中国地质调查局油气地质调查中心在通化盆地实施了通地 1 井, 在红庙子盆地实施了红地 1 井、新地 1 井, 分别发现了多层位的良好油气显示. 近期吉林油田在通化盆地实施的“通地 17 更井”获得工业油流, 展现了良好的勘探前景.

在综合研究方面, 吉林大学、成都理工大学也先后在此开展了系列地层对比、盆地沉积特征等研究工作^[2-4]. 对通化盆地的火山-沉积序列及盆地演化的分析, 将盆地演化划分为早期非补偿阶段、早期熔浆充填阶段、火山喷发后期非补偿沉积阶段和晚期熔浆充填 4 个阶段^[5]; 对区内盆地群的早白垩世原型盆地进行了恢复, 提出早白垩世沙河子组时期, 梅河口、通化、白山、抚松为统一的半深湖-深湖盆地等认识^[6]; 对通化等盆地的烃源岩与储集层特征及油气资源潜力进行了

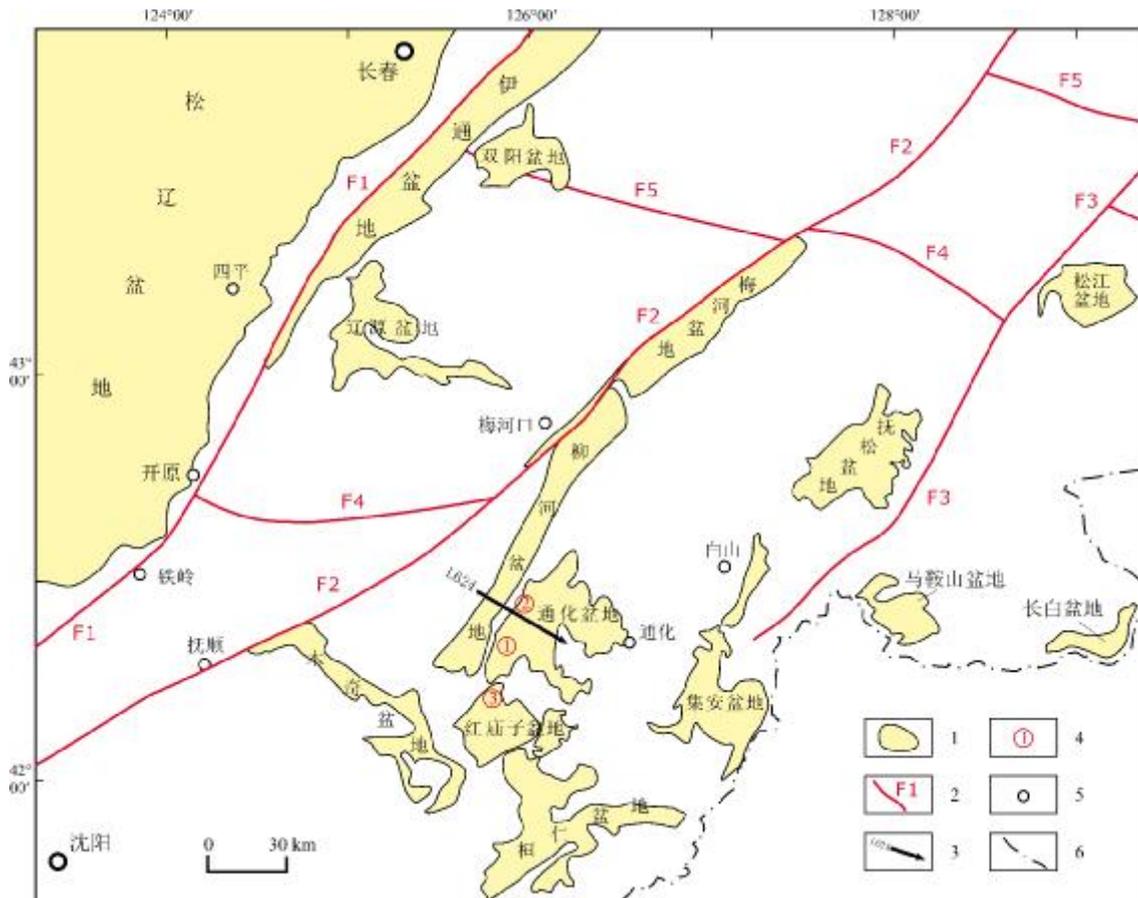


图 1 松辽盆地外围东南部中生代断陷盆地分布图

Fig. 1 Distribution map of Mesozoic fault basins in the southeastern periphery of Songliao Basin

1—中生代盆地(Mesozoic basin); 2—断裂(fault); 3—地震剖面位置(seismic section); 4—露头剖面位置(outcrop section); 5—城市(city); 6—国界(national boundary); F1—伊通断裂(Yilan-Yitong fault); F2—敦-密断裂(Dunhua-Mishan fault); F3—鸭绿江断裂(Yalu River fault); F4—赤峰-开原断裂(Chifeng-Kaiyuan fault); F5—西拉木伦河断裂(Xar Moron River fault)

详细分析,指出鹰嘴砬子组和下桦皮甸子组发育自生自储式和下生上储式两种生储盖组合,得出区内非常规油气主要为油页岩和煤层气的基本认识^[7-9]。

然而,研究区总体工作程度仍然很低,盆地之间的相互关系、地层层序、油气资源前景等问题仍存在激烈的争议,都亟需进一步深入工作,以期为该区油气勘探工程部署,乃至为松辽盆地外围其他地区的油气资源前景预测提供科学依据。

1 区域地质概况

松辽盆地外围东南部地区位于松嫩地块、华北板块及布列亚-佳木斯地块的交汇处,构造作用复杂,岩浆活动期次多,地层发育差异较大。

1.1 区域地层发育特征

松辽盆地外围东南部地区主要发育有太古宇、元古宇、古生界,中生界的侏罗系、白垩系及新生界的古近系、新近系和第四系。其中,有油气资源研究潜力的主要是中生界。以目前已发现工业油气流的通化盆地为例,中生界主要发育有中侏罗统的侯家屯组,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、黑崴子组等地层。

其中,中侏罗统侯家屯组(J_2h)主要出露于盆地边缘,以紫红色和青灰色泥质粉砂岩为主,部分剖面可见紫红色冲积扇相、河流相砾岩,厚度 200~1760 m。区内辽宁省新宾县红升镇的侯家屯组可见鱼类和植物化石,由此推测区内各残留盆地中部覆盖区应发育侯家屯组湖相沉积,有利于油气烃源岩的发育。

下白垩统果松组(K_1g)是早白垩世首期大规模火山喷发产物,主要为广泛分布于全区的厚度巨大的陆相火山岩-火山碎屑岩建造,露头控制厚度可达 2482 m。与下伏侯家屯组呈角度不整合接触,与上覆鹰嘴砬子组整合接触。主要岩性为杏仁状、致密状、斑状安山岩,夹凝流纹岩、粗面安山岩火山碎屑岩及少量凝灰质砾岩、砂岩等,是油气储集层形成的可能层位。

下白垩统鹰嘴砬子组(K_1y)是一套以粉砂岩、粉砂质页岩夹泥灰岩和煤的湖相沉积,具有一定的生烃条件,局部地区为紫灰色、紫色泥质粉砂岩,厚度 480~1058 m。与上下的林子头组、果松组均为整合接触。

下白垩统林子头组(K_1l)为早白垩世第二期火山喷发产物,主要由中酸性、酸性火山岩、火山碎屑岩所

组成。其下部为草绿色、翠绿色酸性岩屑、晶屑凝灰岩,夹少量正常的沉积岩,上部为草绿色、杂色互层状的酸性、中酸性岩屑/晶屑凝灰岩、粉砂岩及粉砂质页岩,偶夹泥灰岩透镜体,可见双壳类化石和一些昆虫及植物化石,厚度 805~1100 m。主要可以作为油气储集层。

下白垩统下桦皮甸子组(K_1x)以灰黑色、黑色泥页岩、粉砂质泥岩为主,夹薄层砂岩、含砾砂岩,发育较为完整的鱼类、叶肢介等化石,厚度 500~957 m。与上下地层均为整合接触,是区内残留盆地重要的烃源岩发育层位。

下白垩统亨通山组(K_1ht)主要岩性为暗色砂页岩、泥岩以及少量熔结凝灰岩、凝灰岩和沉凝灰岩,岩石粒度整体较细,厚度较大,见有丰富的蚌类和藻类化石,有机质含量高并夹有煤线,厚度 300~700 m。与下部下桦皮甸子组整合接触,也是该区重要的烃源岩发育层位。

下白垩统三棵榆树组(K_1s)为早白垩世第三期重要火山活动产物,主要为一套中基性、中性及酸性火山岩建造。主要岩性为紫灰色、绿灰色、深灰色、灰绿色安山岩、粗面安山岩及灰紫色、紫灰色流纹岩、熔结角砾岩,厚度可达 3900 m。平行不整合在亨通山组之上。

下白垩统黑崴子组(K_1h)不甚发育,多零星分布于各盆地的边缘部位,由一套赤色、紫色和杂色的砾岩、砂岩及粉砂岩组成,通常被称为红层,是典型的氧化产物,最大厚度 900 m。与下伏地层三棵榆树组为角度不整合接触。

1.2 区域构造演化特征

松辽盆地外围东南部地区发育的大型断裂主要有西拉木伦断裂、赤峰-开原断裂、佳-伊断裂、敦-密断裂及鸭绿江断裂(图 1)。纵观这些大型构造的发育特征,可以将东北地区中生代盆地的构造-充填演化划分为 3 个主要阶段^[10]:晚侏罗世之前的挤压蠕散成盆阶段、白垩纪左行走滑伸展成盆阶段、新生代右行走滑张扭成盆阶段(图 2)。

挤压蠕散成盆阶段发育于二叠纪末期的西拉木伦断裂闭合之后至晚侏罗世。该时期,由于华北板块与佳蒙地块的南北向碰撞作用,在东北地区发生了强烈的挤压隆升与剥蚀,在一些小型山间褶皱区形成了少量东西向或北东向分布的中下三叠统和中侏罗统小型断陷盆地。松辽外围东南部残留盆地的中侏罗统沉积

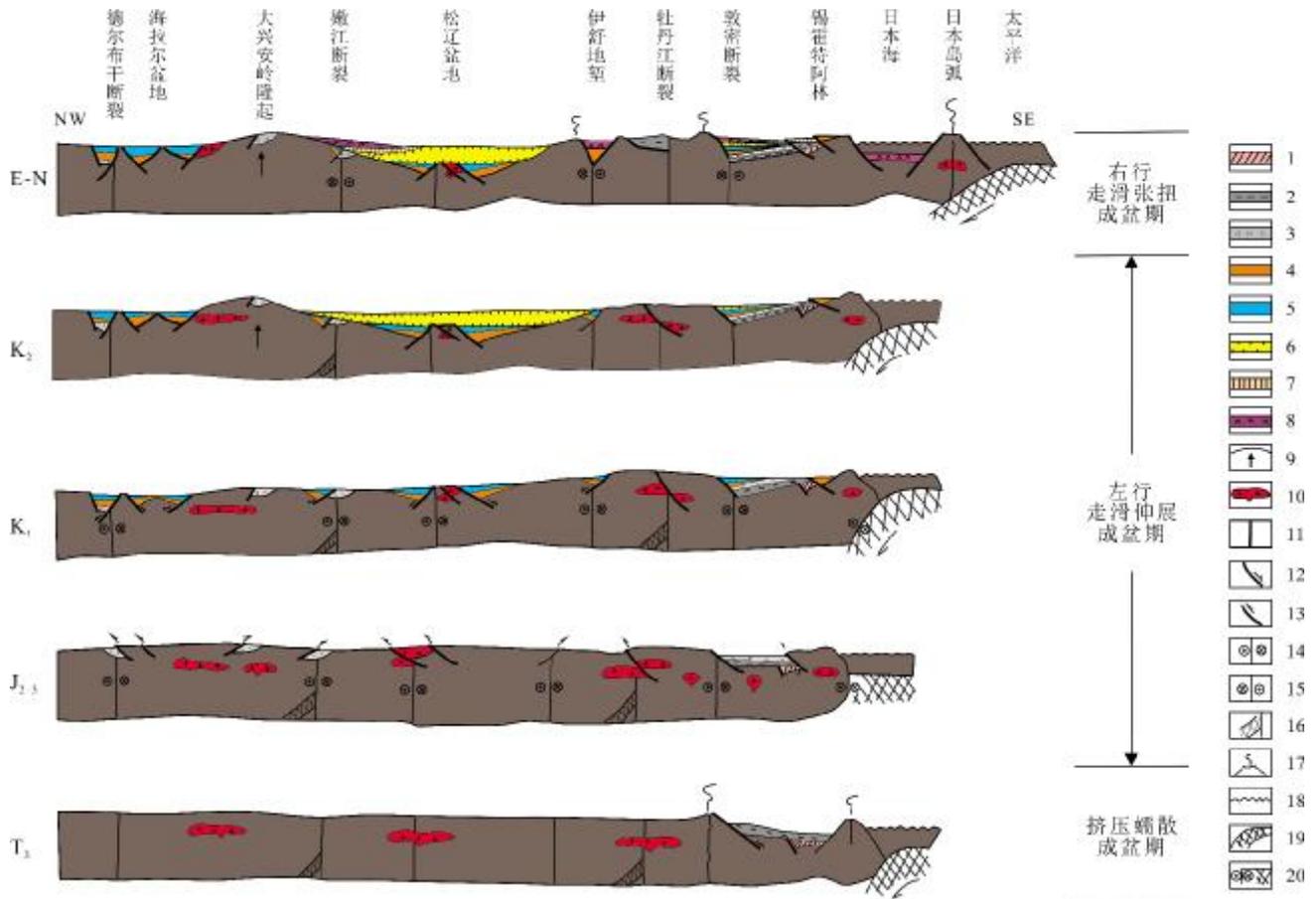


图2 中国东北中生代盆地发育史示意图
(据文献[10]修改)

Fig. 2 Development history of Meso-Cenozoic basins in Northeast China
(Modified from Reference [10])

1—中三叠统 (Middle Triassic); 2—上三叠统 (Upper Triassic); 3—中下侏罗统 (Middle-Lower Jurassic); 4—下白垩统火石岭组 (Lower Cretaceous Huoshiling fm.); 5—下白垩统沙河子组-营城组 (Lower Cretaceous Shahezi-Yingcheng fms.); 6—下白垩统登娄库组-上白垩统嫩江组 (Lower Cretaceous Denglouku fm.-Upper Cretaceous Nenjiang fm.); 7—上白垩统四方台组-明水组 (Upper Cretaceous Sifangtai-Mingshui fms.); 8—古近系-新近系 (Paleogene-Neogene); 9—大兴安岭隆起 (Daxinganling uplift); 10—花岗岩 (granite); 11—深大断裂 (deep fault); 12—犁式断层 (listric fault); 13—逆掩断层 (overthrust fault); 14—左旋走滑断层 (left-lateral strike-slip fault); 15—右旋走滑断层 (right-lateral strike-slip fault); 16—古俯冲带 (paleo-subduction zone); 17—火山作用 (volcanism); 18—海平面 (sea level); 19—俯冲边缘 (subduction margin); 20—转换边缘 (transform margin)

即是该阶段发育的产物。

至白垩纪左行走滑伸展成盆阶段，由于中侏罗世到早白垩世时的 Izanagi 板块向欧亚大陆发生了北北西向的斜向俯冲，在其周期性俯冲的早白垩世松弛伸展期，形成了北东向展布的白垩纪盆地，发育了松辽盆地白垩系断陷层火石岭组-营城组、拗陷层登娄库组-明水组及松辽外围东南部残留盆地的下白垩统充填。

至新生代右行走滑张扭成盆阶段，太平洋板块的北西-北西西向俯冲及周期性挤压与松弛，使欧亚板

块东北地区形成了右旋走滑张扭应力场，形成了贯穿东北地区的依兰-伊通及敦化-密山两条巨型断裂带，从而发育了汤原、方正、伊通、抚顺等著名的狭长断陷盆地。

其中，在白垩纪左行走滑伸展成盆阶段的早期，形成了松辽盆地断陷层下白垩统沙河子组及其外围东南部中小型残留盆地的下白垩统下桦皮甸子组等重要的烃源岩层位，为东北地区断陷层的油气资源聚集奠定了基础。

2 中生代残留盆地相互关系

松辽盆地外围东南部残留有柳河、通化、红庙子等一系列中生代断陷盆地,但由于该区覆盖严重,勘查程度很低,各残留盆地的沉积充填与岩相古地理特征研究薄弱,加之山区物探剖面信息差,造成了区内残留盆地之间相互关系不清,从而出现了“是否存在统一的大柳河盆地(通化盆地+柳河盆地+红庙子盆地)、大鸭绿江盆地(抚松盆地+集安盆地+马鞍山盆地+长白盆地)”等长期争论,对该区油气资源前景及勘探工程部署造成了严重的影响.为此,本研究从盆地结构和边缘沉积相特征对各残留盆地之间的关系进行分析.

2.1 盆地结构特征

松辽盆地外围东南部的残留盆地主要为断陷盆地,断陷盆地的横剖面结构特征主要受控于边缘控陷断裂的作用.因此,本研究首先从横穿柳河盆地与通化盆地的L624测线地震剖面(图1、3)特征入手,对柳河盆地与通化盆地之间的隆起成因进行初步分析.

由地震解释剖面(图3)可以看出,柳河盆地中生代沉积地层具有典型的帚状结构特征,总体上东侧地层厚度较大,西侧地层厚度较小,只是在柳河盆地的西缘发育较陡的、规模较大的后期逆断层.这种地层发育特征说明,柳河盆地是一个典型的东侧为主控陷断裂、西侧为相对沉降速度缓慢斜坡、整体呈东断西超的断陷盆地.由此推测,柳河盆地东侧为控陷断裂的相对隆升盘.

同样,通化盆地的中生代地层总体也呈典型的帚

状结构,反映的也是一个东断西超的半地堑式断陷,其东侧是控盆断裂,西侧为缓坡区.同样可以推断,通化盆地的西侧为缓坡带外缘的相对隆升区.

因此,从上述盆地地层结构特征上来看,通化盆地和柳河盆地之间的太古宇中隆,无论中生代沉积期是否是浮出水面的陆区,它肯定是一个有根的古中隆,不是前人假想的外来推覆体.

2.2 盆地边缘沉积相特征

盆地边缘沉积相特征是确定该边缘是否为原型盆地沉积边缘的重要依据.若盆地边缘发育边缘相粗碎屑,则可以确定该边缘为原型盆地的沉积边缘.详细的野外地质调查表明,在中生代时期,通化、柳河、红庙子等盆地之间多处发育边缘相沉积,指明了通化、柳河、红庙子等盆地在中生代是不连通,相互之间存在古隆起剥蚀物源供给区.

例如,在通化盆地西南边缘露头剖面(图1①)的侯家屯组即发育扇三角洲平原边缘相沉积.该边缘相露头剖面地层产状为 $63^{\circ} \angle 25^{\circ}$,总体倾向于通化盆地中部凹陷区.剖面长150 m,剖面岩性总体为灰色砂砾岩、含砾粗砂岩、粗砂岩与紫色-棕红色粉砂质泥岩互层,夹灰绿色粉砂质泥岩薄层,底部为具水平层理的灰色泥质粉砂岩.粗碎屑岩具有下粗上细正旋回特征,且为大型透镜体,是典型的河道沉积.沉积成因分析表明,剖面底部为滨浅湖相,主体为扇三角洲平原边缘相(图4a),反映中侏罗世侯家屯组沉积期,通化盆地西南部为湖泊边缘沉积,并有陆源河流注入,表明通化

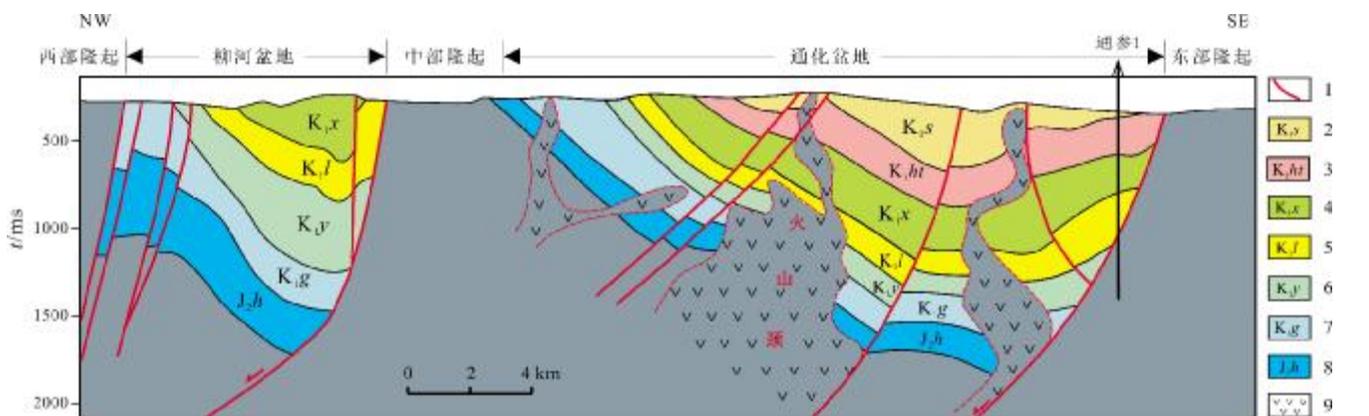


图3 通化盆地-柳河盆地 L624 测线地震剖面地层-构造解释图

Fig. 3 Stratigraphic and structural interpretation of seismic section along L624 survey line in Tonghua Basin-Liuhe Basin

1—三棵榆树组(Sankeyushu fm.); 2—亨通山组(Hengtongshan fm.); 3—下桦皮甸子组(Xiahuapidianzi fm.); 4—林子头组(Linzitou fm.); 5—鹰嘴砬子组(Yingzuilazi fm.); 6—果松组(Guosong fm.); 7—侯家屯组(Houjiatun fm.); 8—断层(fault); 9—火山颈(volcanic neck)

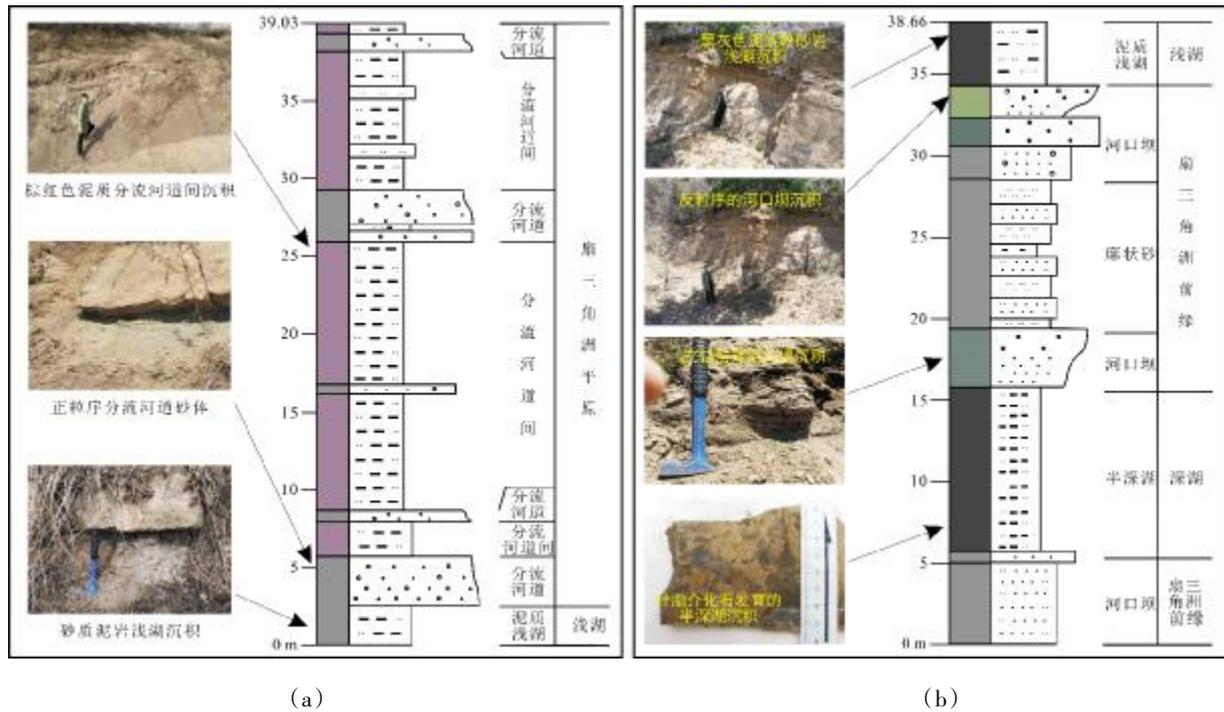


图4 通化盆地边缘相特征

Fig. 4 Characteristics of marginal facies of Tonghua Basin

a—通化盆地西南部(southwest of Tonghua Basin); b—通化盆地西部(west of Tonghua Basin)

盆地西南部外缘为古隆起物源供给剥蚀区,证明在中侏罗统侯家屯组沉积期通化盆地西南部与柳河盆地不连通。

另外,在通化盆地西部边缘的下桦皮甸子组也可见扇三角洲前缘边缘相。该边缘相位于通化盆地西部边缘的增盛沟里村东(图1②),露头剖面产状为 $119^{\circ}\angle 39^{\circ}$,总体倾向于通化盆地中部凹陷。剖面长59m,剖面岩性总体显示为两个由下向上逐渐变粗的反粒序旋回,旋回下部的细碎屑主要为黑灰色粉砂质泥页岩,为半深湖相沉积,旋回的上部为中粗砂岩,分选中等—较差,是典型半深湖中发育的扇三角洲前缘河口坝沉积(图4b),表明该区为有河流注入形成扇三角洲的盆地原始沉积边缘。该扇三角洲的物源供给只能来自通化盆地西北与柳河盆地分隔的中间古隆起,反映该古隆起在下桦皮甸子组沉积时期隆起剥蚀,是同沉积隆起物源供给区。加之,下桦皮甸子组时期与松辽盆地的沙河子组沉积期相当,是松辽盆地外围东南部早白垩世最大的湖泛期,由此推断,该隆起应为早白垩世的同沉积水上古隆起。从而可以得出:早白垩世时期,通化盆地与柳河盆地不相通。

此外,在与通化盆地相邻的红庙子盆地北部边缘

区的旺清门镇,还见有侯家屯组的灰色巨砾岩、粗砾岩及杂色砂岩等边缘相沉积,表明中生代时期,红庙子盆地与通化盆地也不相通。

综上可以推断,松辽盆地外围东南部的通化、柳河、红庙子等盆地皆为残留有边缘相的独立断陷盆地,过去设想的“大柳河盆地”等大型中生代盆地是不存在的。中生代时期,松辽盆地外围东南部地区主要发育的是中小型断陷盆地。

3 中生代盆地烃源岩发育特征

松辽盆地外围东南部的通化、柳河、红庙子等盆地发育多套浅湖—半深湖相暗色泥岩,各暗色泥岩层分布及地球化学测试分析数据表明,区内具有较好的生烃条件。

3.1 烃源岩分布特征

松辽盆地外围东南部的侯家屯组、鹰嘴砬子组、下桦皮甸子组和亨通山组发育大规模的浅湖—半深湖相暗色泥岩。

其中,侯家屯组暗色泥岩主要见于柳河盆地安口镇侯家屯村,通化盆地新宾县夹河北村、红升水库等地的各盆地边缘露头,主要为灰色粉砂质泥岩及灰黑色

碳质泥岩。1:20万通化幅地质图说明书中记载,红升水库的侯家屯组中发育鱼类等水生动物化石。由此可以推断,松辽盆地外围东南部各盆地的深层应该赋存有侯家屯组的浅湖—半深湖的泥质沉积,是该区中生界最下部的可能烃源岩层位。

鹰嘴砬子组暗色泥岩主要见于柳河盆地西北缘的梅河口市谢家村、西缘的安口镇大沙滩村、南缘的金厂沟村及红庙子盆地西南部的新宾县文治沟村等地,主要为灰黑色泥岩、粉砂质泥岩,夹泥灰岩薄层或透镜体。其泥质纯度较低,有机质丰度中等—较差,是松辽盆地外围东南部断陷盆地群的次要烃源岩。

下桦皮甸子组,层位相当于松辽盆地断陷层的沙河子组,其内灰黑色泥岩、页岩发育,且泥岩质纯、厚度巨大,分布广泛,在柳河、通化、红庙子等盆地周缘都有大量出露。例如柳河盆地碱厂水库的下桦皮甸子组暗色泥岩连续出露厚度可达20 m以上,且质地较纯,无砂质夹层;而英额布镇英山村下桦皮甸子组的暗色泥岩厚度可达200 m以上,并在其内发现了大量鱼类、叶肢介类、腹足类等化石。通化盆地的通地1井于盆地东南缘钻遇下桦皮甸子组暗色泥岩厚度238 m,柳河盆地的柳地1井钻遇下桦皮甸子组暗色泥岩厚度388 m,红庙子盆地红地1井揭示的下桦皮甸子组暗色泥岩厚度为268.6 m。因此,下桦皮甸子组暗色泥岩

是该区主要烃源岩之一。

亨通山组层位相当于松辽盆地断陷层的营城组,其内发育厚度巨大的黑色泥岩、页岩及灰黑色粉砂质泥岩,在柳河、通化、红庙子等盆地周缘都有大量出露。例如,红庙子盆地老戏场村亨通山组的烃源岩,泥质较纯,并发育大量的介壳和藻类化石,泥岩露头连续出露厚度可达28 m。通化盆地通参1井钻遇亨通山组暗色泥岩厚度381 m,柳河盆地柳参1井钻遇亨通山组暗色泥岩厚度98 m。所以,亨通山组暗色泥岩也是该区主要烃源岩之一。

3.2 烃源岩有机地球化学特征

参照石油天然气行业标准(SY/T5735—1995),对松辽外围东南部残留盆地主要层位侯家屯组、鹰嘴砬子组、下桦皮甸子组及亨通山组的烃源岩有机地球化学特征进行系统评价如下。

3.2.1 有机质丰度特征

有机碳、氯仿沥青“A”及生烃潜量(S_1+S_2)测试分析(图5)表明,松辽盆地外围东南部地区的侯家屯组烃源岩,有机碳分布范围为0.3%~0.81%,平均值为0.44%,仅有11%的样品达到了中等生油岩,22%的样品为差生油岩,其他为非生油岩;生烃潜量(S_1+S_2)在 0.03×10^{-3} ~ 0.18×10^{-3} ,皆为差生油岩。

鹰嘴砬子组有机碳分布范围为0.18%~1.49%,平

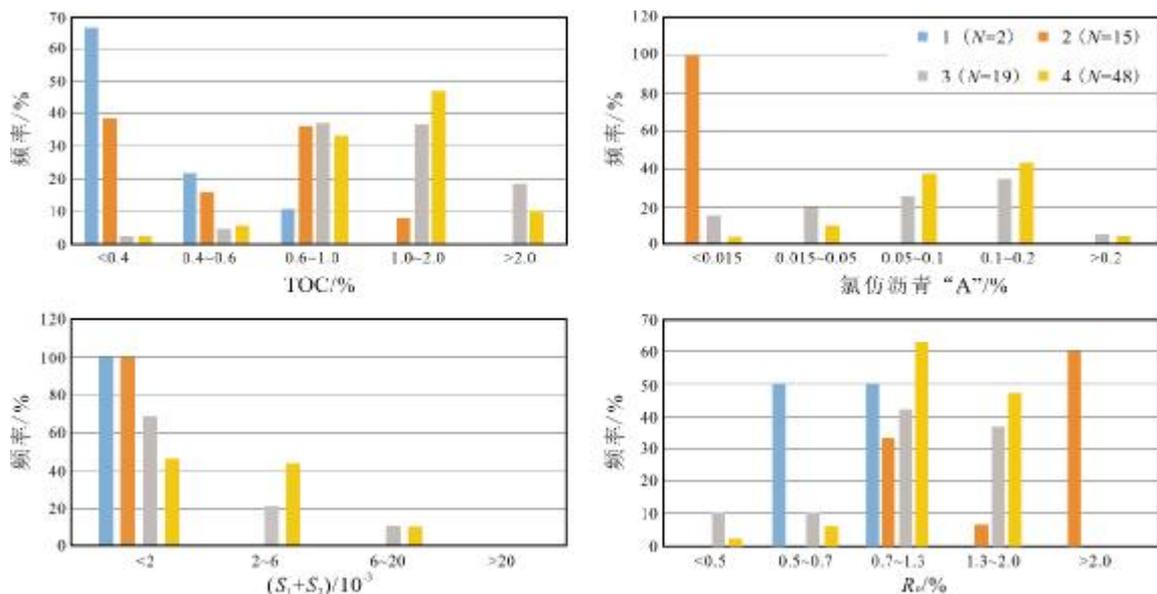


图5 中生代残留盆地主要层位烃源岩地球化学参数分布图

Fig. 5 Distribution of geochemical parameters of source rocks in Mesozoic residual basins

1—侯家屯组(Houjiatun fm.); 2—鹰嘴砬子组(Yingzuilazi fm.); 3—下桦皮甸子组(Xiahuapidianzi fm.); 4—亨通山组(Hengtongshan fm.)

均为0.60%，其中8%样品达到了好生油岩，37%样品达到了中等生油岩，16%样品达到了差生油岩，其他为非生油岩；氯仿沥青“A”分布范围为0.0006%~0.0147%，平均为0.0021%，全部分布在非生油岩区间；生烃潜量(S_1+S_2)分布范围为 0.09×10^{-3} ~ 0.37×10^{-3} ，平均为 0.23×10^{-3} ，全部分布于差生油岩区间。

下桦皮甸子组有机碳分布范围为0.33%~3.43%，平均为1.36%，其中19%样品达到最好生油岩，37%样品达到好生油岩，37%样品达到中等生油岩；氯仿沥青“A”分布范围为0.0036%~0.2095%，平均为0.0859%，其中5%样品达到最好生油岩，35%样品达到好生油岩，25%样品达到中等生油岩；生烃潜量(S_1+S_2)分布范围为 0.07×10^{-3} ~ 7.69×10^{-3} ，平均为 1.79×10^{-3} ，其中11%样品达到好生油岩，21%样品达到中等生油岩，68%样品为差生油岩。

亨通山组有机碳分布范围为0.29%~5.75%，平均为1.32%，其中11%样品达到了最好生油岩，47%样品达到好生油岩，34%样品达到中等生油岩，6%样品为差生油岩；氯仿沥青“A”分布范围为0.003%~0.8%，平均为0.114%，其中4%样品达到最好生油岩，44%样品达到好生油岩，38%样品达到中等生油岩，10%样品为差生油岩；生烃潜量(S_1+S_2)分布范围为 0.02×10^{-3} ~ 12.13×10^{-3} ，平均为 2.64×10^{-3} ，其中10%样品达到好生油岩，44%样品达到中等生油岩，46%样品为差生油岩。

3.2.2 有机质成熟度特征

侯家屯组镜质体反射率(R_o)在0.83%~1.27%，表明该组烃源岩已进入成熟—高熟演化阶段。鹰嘴砬子组 $R_o>2.0\%$ 的样品占60%，在1.3%~2.0%的样品占7%，在0.7%~1.3%的样品占33%，表明鹰嘴砬子组烃源岩普遍处于成熟—过成熟演化阶段。下桦皮甸子组 R_o 在1.3%~2.0%的样品占37%，在0.7%~1.3%的样品占42%，表明下桦皮甸子组烃源岩主要处于成熟—高熟阶段。亨通山组 R_o 在1.3%~2.0%的样品占29%，在0.7%~1.3%的样品占63%，显示亨通山组烃源岩也主要处于成熟—高熟阶段。由此可见，松辽盆地外围东南部残留盆地的烃源岩基本都处于成熟—高熟阶段(图6)。

3.2.3 有机质类型特征

利用干酪根有机元素测试数据投点法，辅以岩石热解测试，对盆地内各组有机质类型进行了分析。有

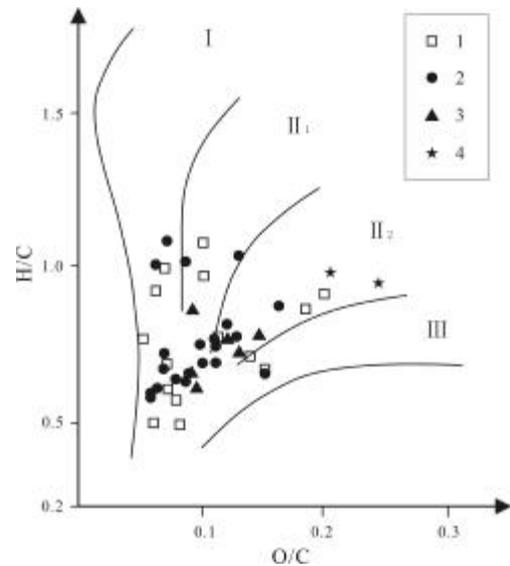


图6 中生代残留盆地烃源岩干酪根类型分布图

Fig. 6 Distribution of kerogen types of the source rocks in Mesozoic residual basins

1—亨通山组 (Hengtongshan fm.); 2—下桦皮甸子组 (Xiahuapidianzi fm.); 3—鹰嘴砬子组 (Yingzuilazi fm.); 4—侯家屯组 (Houjiatun fm.)

机元素测试数据投点(图6)表明,侯家屯组烃源岩有机质类型主要以 II_2 型干酪根为主;鹰嘴砬子组烃源岩有机质类型50%为 II_1 型,50%为 II_2 型;下桦皮甸子组烃源岩有机质类型38%为I型,29%为 II_1 型,28%为 II_2 型,5%为III型;亨通山组烃源岩有机质类型40%为I型,20%为 II_1 型,20%为 II_2 型,20%为III型。

综上所述,松辽盆地外围东南部残留盆地的烃源岩都已具有生烃能力.其中,由于侯家屯组烃源岩主要为盆地边缘少量样品,指示意义并不理想,推测盆地中部覆盖区应发育更好的烃源岩.但下桦皮甸子组和亨通山组,无论从厚度规模,还是从有机地球化学指标来看,都发育中等—好的烃源岩,是该区主要烃源岩层位.而鹰嘴砬子组具有中等—差的生烃潜力,是本区次要烃源岩层位。

4 中生代盆地油气勘探前景

根据系统野外地质及钻探地质调查,对区内储集层及生储盖组合特征进行了综合分析,并结合近年油气勘探显示,开展了油气资源前景及勘探方向预测。

4.1 储集层与生储盖组合特征

松辽盆地外围东南部各断陷盆地中发育大量扇三角洲、湖底扇等砂体,并间歇形成了3期火山喷发建

造,为该区储集层、有利生储盖组合的形成创造了条件。

其中,侯家屯组扇三角洲储层砂体的孔隙度(Φ)在3.7%~18.58%,渗透率在 0.24×10^{-3} ~ $3.05 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,可达中低孔、超低—特低渗型储层。果松组主要为火山熔岩及火山碎屑岩储层,孔隙度在3.21%~9.01%,渗透率在 0.04×10^{-3} ~ $1.14 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,主要为特低孔、特低渗型储层。鹰嘴砬子组储层主要为扇三角洲砂体,孔隙度在1.18%~8.01%,渗透率在 0.01×10^{-3} ~ $0.02 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,属于特低—超低孔、非渗型储层。林子头组储层主要为火山碎屑岩,孔隙度在1.34%~9.24%,渗透率在 0.01×10^{-3} ~ $0.22 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,主要为特低—超低孔、超低渗储层。下桦皮甸子组储层主要为扇三角洲和湖底扇砂体,孔隙度在0.47%~17.55%,渗透率在 0.01×10^{-3} ~ $0.89 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,主要为特低孔、超低渗型储层,部分可达中低孔、超低渗型储层。亨通山组主要为扇三角洲和湖底扇砂体,孔隙度在0.3%~13.6%,渗透率在 0.01×10^{-3} ~ $9.31 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,主要为低—特低孔、特低渗型储层(图7)。

综合烃源岩与储集层发育特征可见,下桦皮甸子组、亨通山组,甚至侯家屯组,其烃源岩与扇三角洲、湖底扇等储集层,无论纵向上还是横向上的交互发育,都可构成良好的自生自储型生储盖组合。而下桦皮甸子组烃源岩与其下覆的林子头组火山碎屑岩储层,以及鹰嘴砬子组烃源岩与其下覆的果松组火山熔岩及火山碎屑岩储层都可以构成上生下储型生储盖组合。鹰嘴砬子组烃源岩与其上覆的林子头组火山碎屑岩储层,以及侯家屯组烃源岩与其上覆的果松组火山熔岩及火山碎屑岩储层都可构成下生上储式生储盖组合^[11]。

4.2 油气勘探前景预测

由上可见,研究区多个层位发育的良好烃源岩及有利生储盖组合,为松辽盆地外围东南部地区的油气成藏奠定了地质条件基础。结合近年中国地质调查局油气地质调查中心在通化盆地实施的通地1井及红庙子盆地实施的红地1井、新地1井等钻井良好油气显示^[12-13],以及吉林油田在通化盆地通地17更井的工业油流突破,可以预测松辽盆地外围东南部地区具有一定的油气勘探前景。

针对研究区残留中生代断陷盆地火山活动较多、构造作用较强、储层物性较差的特点,建议以寻找隐蔽岩性油气藏和刺穿构造油气藏为主要勘探方向。因为该区3个期次的火山喷发和周期性的断裂活动特征^[14-16],决定了该区油气成藏保存条件较差,背斜型、断块型等构造油气藏不易形成,而火山与构造较活动背景下的断陷盆地湖底扇发育^[17-20]。例如,通化盆地三棵榆树断陷东部深拗带以及柳河盆地北部断陷深拗带的亨通山组都发现了砾石最大直径分别可达50和90 cm的湖底扇沉积。封闭于亨通山组或下桦皮甸子组厚层暗色泥岩中的湖底扇透镜状砂体,具有良好的油源供给和聚集保存条件。因此,类似于湖底扇砂体油气聚集条件的隐蔽岩性油气藏是该区断陷盆地有利的勘探目标。

同时,多期火山的喷发,不仅形成了区内通化盆地的果松组、三棵榆树组以及红庙子盆地果松组等巨厚火山岩盖层,为其下伏的亨通山组、侯家屯组等层单元的储集层油气聚集和保存提供了良好的封盖条件,并对其下伏地层造成了刺穿,形成了系列火山刺穿构造(图3)。其中,位于盆地中部半深湖相烃源岩中的火

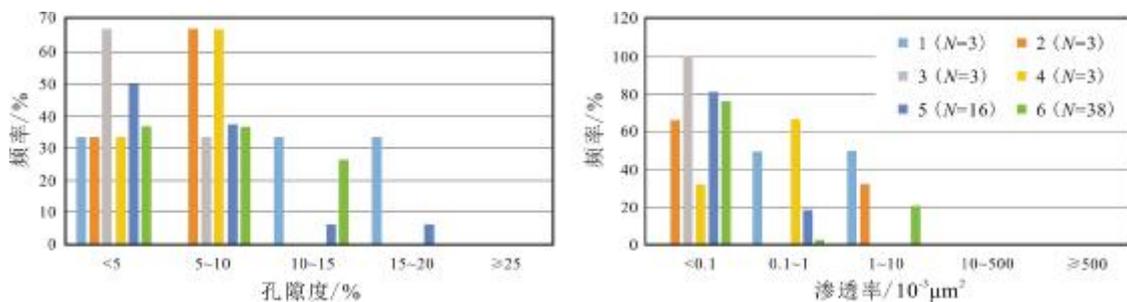


图7 中生代残留盆地主要层位储层孔隙度和渗透率分布图

Fig. 7 Porosity and permeability distributions for reservoirs in main formations of Mesozoic residual basins

1—侯家屯组(Houjiatun fm.); 2—果松组(Guosong fm.); 3—鹰嘴砬子组(Yingzuilazi fm.); 4—林子头组(Linzitou fm.); 5—下桦皮甸子组(Xiahuapidianzi fm.); 6—亨通山组(Hengtongshan fm.)

山刺穿构造,油源供应条件好,易于形成火山刺穿油气藏.所以该区发育火山机构的断陷,火山刺穿构造带是油气勘探的有利区带^[21-23].

5 结论

(1)松辽盆地外围东南部的通化、柳河、红庙子等盆地皆为独立的中生代断陷盆地,过去设想的“大柳河盆地”等大型中生代盆地是不存在的.中生代时期,松辽盆地外围东南部地区主要发育的是中小型断陷盆地.

(2)松辽盆地外围东南部中生代断陷盆地中发育良好烃源岩,其中下白垩统的下桦皮甸子组和亨通山组发育中等—好的主力烃源岩,下白垩统的鹰嘴砬子组是次级烃源岩层位,中侏罗统的侯家屯组是可能的烃源岩层位.

(3)松辽盆地外围东南部中生代断陷盆地中形成了良好的自生自储、下生上储和上生下储型生储盖组合,具有一定的油气勘探前景;隐蔽岩性油气藏和刺穿构造油气藏是该区主要的油气勘探方向.

参考文献(References):

- [1]王成龙,刘雪松,张梅生.华北地块东北缘红庙子盆地鹰嘴砬子组孢粉化石[J].地质通报,2019,38(7):1089-1094.
Wang C L, Liu X S, Zhang M S. Palynological fossils from the Yingzuilazi Formation in Hongmiaozi Basin, northeastern margin of North China Block[J]. Geological Bulletin of China, 2019, 38(7): 1089-1094.
- [2]王玉波,高侃,李丁丁,等.通化市矿产资源调查评价现状、重要成矿区带和优势矿种资源潜力[J].吉林地质,2011,30(3):137-144.
Wang Y B, Gao K, Li D D, et al. Mineral resources evaluation and status, important metallogenic belt and the dominant mineral resource potential of Tonghua City, Jilin Province[J]. Jilin Geology, 2011, 30(3):137-144.
- [3]刘雪松,李伟,张梅生,等.吉林果松盆地早白垩世果松组火山岩年代学及其地质意义[J].世界地质,2018,37(1):37-45.
Liu X S, Li W, Zhang M S, et al. Geochronology and geological significance of Early Cretaceous volcanic rocks from Guosong Formation in Guosong Basin, Jilin[J]. Global Geology, 2018, 37(1):37-45.
- [4]庞宪文,王旖旎,张梅生,等.鸭绿江盆地鹰嘴砬子组和馒头组的沉积时限及物源:碎屑锆石 U-Pb 年代学证据[J].世界地质,2018,37(2):385-398.
Pang X W, Wang Y N, Zhang M S, et al. Depositional age and provenances of Yingzuilazi Formation and Mantou Formation in Yalu River Basin: Evidence from U-Pb ages of detrital zircons[J]. Global Geology, 2018, 37(2):385-398.
- [5]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):32-36.
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):32-36.
- [6]徐汉梁,范超颖,高璇.吉林东部盆地群早白垩世原型盆地恢复[J].世界地质,2013,32(2):263-272.
Xu H L, Fan C Y, Gao X. Early Cretaceous prototype restoration of the basin group in eastern Jilin[J]. Global Geology, 2013, 32(2): 263-272.
- [7]单玄龙,解晓婷,任宇,等.吉林东部中、新生代盆地非常规油气资源及潜力分析[J].世界地质,2013,32(1):77-83.
Shan X L, Xie X T, Ren Y, et al. Meso-Cenozoic unconventional hydrocarbon resources in eastern Jilin and prospect of development[J]. Global Geology, 2013, 32(1):77-83.
- [8]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):327-342.
Han X P, Hao G L, Liu C, et al. Petroleum geologic features and petroleum resources potential in Tonghua Basin[J]. Global Geology, 2013, 34(2): 327-342.
- [9]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.
- [10]刘招君,董清水,郭巍,等.陆相层序地层学导论与应用[M].北京:石油工业出版社,2002.
Liu Z J, Dong Q S, Guo W, et al. Introduction to continental sequence stratigraphy & application[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002.
- [11]丁秋红,陈树旺,郑月娟,等.大兴安岭地区突泉盆地侏罗系充填序列及暗色泥岩发育特征[J].地质与资源,2010,19(3):203-207.
Ding Q H, Chen S W, Zheng Y J, et al. The development of melamudstone and the Jurassic filling sequence in Tuquan basin, Daxinganling region[J]. Geology and Resources, 2010, 19(3):203-207.
- [12]陈树旺,张健,公繁浩,等.内蒙古突泉盆地侏罗系油气发现及工作展望[J].地质与资源,2015,24(1):1-6.
Chen S W, Zhang J, Gong F H, et al. Discovery and prospects of the Jurassic oil and gas in Tuquan basin, Inner Mongolia[J]. Geology and Resources, 2015, 24(1):1-6.
- [13]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.

- [14]张航,刘玉梅,宋立斌,等.吉林通化盆地三棵榆树断陷中生代构造演化特征[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]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.
- [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]董清水,赵占银,刘招君,等.半地堑式断陷盆地的油气成藏模式:以松辽盆地梨树断陷为例[J].吉林大学学报(地球科学版),2003,33(1):43-47.
Dong Q S, Zhao Z Y, Liu Z J, et al. The model for formation reservoir in half graben mode of fault-depression basin: Taking the Lishu fault depression in Songliao basin as an example[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2003, 33(1): 43-47.
- [18]代登亮,董清水,任燕宁,等.松辽盆地深层箕状断陷岩性气藏成藏规律分析:以王府断陷为例[J].世界地质,2015,34(4):1052-1060.
Dai D L, Dong Q S, Ren Y N, et al. Gas accumulation in lithologic reservoirs of deep half-graben rift in Songliao Basin: A case of Wangfu fault depression[J]. Global Geology, 2015, 34(4):1052-1060.
- [19]任燕宁,崔桐,刘杨,等.松辽盆地东部榆树断陷下白垩统岩相展布特征及有利勘探区带预测[J].世界地质,2017,36(1):174-181.
Ren Y N, Cui T, Liu Y, et al. Lithofacies distribution and prediction of favorable exploration play of Lower Cretaceous in Yushu fault depression, eastern Songliao Basin[J]. Global Geology, 2017,36(1):174-181.
- [20]董清水,史宝彦,苗洪波,等.地堑式断陷盆地油气成藏规律分析——以伊通地堑岔路河断陷南部为例[J].石油实验地质,2008,30(1):6-10.
Dong Q S, Shi B Y, Miao H B, et al. Analysis of hydrocarbon accumulation rule in graben style basin—A case from south Chaluhe fault subsidence of Yitong graben [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008,33(1):6-10.
- [21]王璞珺,陈树民,刘万洙,等.松辽盆地火山岩相与火山岩储层的关系[J].石油与天然气地质,2003,24(1):18-23.
Wang P J, Chen S M, Liu W Z, et al. Relationship between volcanic facies and volcanic reservoirs in Songliao [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(1):18-23.
- [22]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.
- [23]吴佳忆,施尚明.鸭绿江盆地长白坳陷成藏条件分析及油气勘探前景[J].中国地质,2016,43(6):2070-2081.
Wu J Y, Shi S M. Petroleum geological condition and hydrocarbon exploration prospect of Changbai Depression in Yalu River Basin [J]. Geology in China, 2016, 43(6):2070-2081.

(上接第256页/Continued from Page 256)

- [28]石玉若,刘敦一,张旗,等.内蒙古苏左旗地区闪长-花岗岩类 SHRIMP 年代学[J].地质学报,2004,78(6):789-799.
Shi Y R, Liu D Y, Zhang Q, et al. SHRIMP dating of diorites and granites in Southern Suzuoqi, Inner Mongolia [J]. Acta Geologica Sinica, 2004,78(6):789-799.
- [29]石玉若,刘敦一,简平,等.内蒙古中部苏尼特左旗富钾花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄[J].地质通报,2005,24(5):424-428.
Shi Y R, Liu D Y, Jian P, et al. Zircon SHRIMP dating of K-rich granites in Sonid Zuoqi, central Inner Mongolia [J]. Geological Bulletin of China, 2005,24(5):424-428.
- [30]石玉若,刘敦一,张旗,等.内蒙古中部苏尼特左旗地区三叠纪 A 型花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其区域构造意义[J].地质通报,2007,26(2):183-189.
Shi Y R, Liu D Y, Zhang Q, et al. SHRIMP U-Pb zircon dating of Triassic A-type granites in Sonid Zuoqi, central Inner Mongolia, China and its tectonic implications [J]. Geological Bulletin of China, 2007,26(2):183-189.
- [31]刘建峰.内蒙古林西-东乌旗地区晚古生代岩浆作用及其对区域构造演化的制约[D].长春:吉林大学,2009.
Liu J F. Late Paleozoic magmatism and its constraints on regional tectonic evolution in Linxi-Dong Wuqi area, Inner Mongolia [D]. Changchun: Jilin University, 2009. (in Chinese)
- [32]宋卫卫,周建波,郭晓丹,等.松辽地块大地构造属性:古生界碎屑锆石年代学的制约[J].世界地质,2012,31(3):522-535.
Song W W, Zhou J B, Guo X D, et al. Geotectonic setting of Songliao block: Restriction from Paleozoic detrital zircon U-Pb dating [J]. Global Geology, 2012,31(3):522-535.
- [33]Chen B, Jahn B M, Tian W. Evolution of the Solonker suture zone: Constraints from zircon U-Pb ages, Hf isotopic ratios and whole-rock Nd-Sr isotope compositions of subduction- and collision-related magmas and fore-arc sediments [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2009,34(3):245-257.