

文章编号:0253-9985(2008)04-0428-05

松辽盆地深层断陷发育特征与油气富集

陈波¹, 黄发木², 夏永涛², 罗明霞², 刘计勇²

(1. 长江大学“油气资源与勘探技术”教育部重点实验室, 湖北 荆州 434023;

2. 长江大学 地球科学学院, 湖北 荆州 434023)

摘要:松辽盆地断陷层系由70多个彼此分割、规模大小不一的断陷组成,不同的断陷发育程度与油气富集程度差异很大。通过对断陷特征及伴生火山岩的研究,发现由于晚侏罗世和早白垩世太平洋板块以不同方向、不同速度向东北亚板块的俯冲作用,松辽盆地断陷在发育阶段受不同区域构造作用的影响,造成了不同断陷发育时期和发育规模。晚侏罗世东北亚板块受太平洋板块的正向俯冲,松辽盆地区地幔上隆、地壳减薄,形成类似“三联点”的断陷分布特征。由于受构造应力传递的滞后效益的影响,在三联点附近的断陷发育早、伸展作用强、断陷规模大、断陷沉积厚,而远离三联点的断陷发育特征则相反。在早白垩世,控制断陷发育的区域构造应力场由拉张作用转变为张扭作用,且作用范围仅限于东部断陷区和古中央隆起带两侧断陷,这一区域的断陷持续的裂陷,而其他区域断陷则停止发育,从而进一步扩大不同断陷发育的不均衡性。持续发育型断陷规模大、断陷层厚、发育多套烃源岩层系,油气富集程度高,勘探潜力大;晚期发育型断陷次之,早期发育型断陷因断陷规模小、断陷层厚度薄,勘探潜力极小。

关键词:三联点;断陷;火山活动;油气富集;松辽盆地**中图分类号:**TE121.2**文献标识码:**A

Characteristics of development of deep fault depressions and hydrocarbon accumulation in the Songliao Basin

Chen Bo¹, Huang Famu², Xia Yongtao², Luo Mingxia², Liu Jiyong²

(1. Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources (Yangtze University), Ministry of Education, Jingzhou, Hubei 434023, China; 2. College of Geosciences, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023, China)

Abstract: More than 70 fault depressions of various scales occur in the Songliao Basin and they have significantly different levels of development and hydrocarbon enrichment. Study of the characteristics of the fault depression and the associated volcanics shows that the subduction of the Pacific plate to the Northeast-Asia plate in different directions and speeds during the Late Jurassic and Early Cretaceous resulted in the development of fault depressions of various scales in different stages. In the Late Jurassic, the positive subduction of the Pacific plate to the Northeast-Asia plate caused the rising of the upper Mantle and the thinning of the earth crust, and resulted in the characteristics of fault depression distribution similar to “triple junction”. Influenced by the hysteretic effect of tectonic stress transmission, fault depressions near the triple junction are characterized by early development, strong extension, large scale and thick deposits. In contrast, fault depressions far from the triple junction are characterized by late development, weak extension, small scale and thin deposits. In the Early Cretaceous, the regional tectonic stress field converted from extension to transtension, with its influences limited to the eastern fault depression and the fault depressions on both sides of the central uplift. The continuous development of the fault depression in this region and the stagnant of the development of fault depressions in other regions further enhanced the unbalance of development of fault depressions. The continuously developed fault depressions are

收稿日期:2008-06-20。

第一作者简介:陈波(1967—),男,副教授、博士,层序地层学与油藏描述。

characterized by large scale, thick fault depression sequences, multiple sets of source rocks, high level of hydrocarbon enrichment, and large potential of exploration. The fault depressions developed in late stage have relatively smaller exploration potential. The fault depressions developed in early stage are characterized by small scale, thin sequence and the least exploration potential.

Key words: triple junction; fault depression; volcanic activity; hydrocarbon accumulation; Songliao Basin

松辽盆地由深层的断陷层与浅层的拗陷层构成,作为中国东部陆上最重要的含油气盆地,以前的油气勘探与发现主要集中在拗陷层。随着勘探的深入,在深部的断陷层也获得可喜的勘探成果,同时,这些年的深部断陷勘探显示断陷的油气富集程度存在着巨大的差异性,这种差异不仅仅体现在不同断陷之间,还体现在断陷内部不同层系之间。弄清造成这些差异的地质原因,对断陷层勘探的战略选区与评价显然具有重大意义^[1,2]。

1 深层断陷特征

松辽盆地深层断陷层包括上侏罗统火石岭组、下白垩统沙河子组和营城组。以营城组分布范围划分断陷,断陷层分布在 70 多个彼此分割的断陷中,面积最大的长岭断陷为 7 000 km²,面积最小的中兴断陷不超过 50 km²;如果以沙河子组分布范围划分断陷,则断陷规模更小,断陷分隔性更强,如古龙断陷^[3],断陷层厚度最大超过 7 500 m,如十屋断陷,但很多断陷层的厚度不超过 500 m (图 1)。与同处于中国东部的渤海湾盆地断陷层相比,松辽盆地断陷整体表现出伸展作用弱、断陷

层厚度薄、不同断陷的发育程度差异很大的特点,从而导致不同断陷的油气富集程度不同。研究发现松辽盆地断陷层的这种特征与断陷发育期和板块作用方式的转变有关^①。

1.1 断陷发育时期的差异性

松辽盆地断陷期火山活动强烈,火山岩遍布全盆地,从最北端的北安断陷到盆地南部的开鲁地区均有大量火山岩分布;从分布层位上看主要集中在火石岭组和营城组(图 2)。松辽盆地火山岩具有“先火山岩后沉积岩”的特点,火山岩年龄代表了断陷发育时期。通过对前人采用 K-Ar 和 U-Pb 测年方法测定的火山岩年龄数据的整理和分析发现(表 1)^[4~8],不同断陷的火石岭组火山岩年龄差异超过 10 Ma,反映断陷发育初始期明显不同,并呈现出在空间分布上的规律性。

从表 1 中可看出,徐家围子断陷、庙山-莺山断陷火石岭组火山岩平均年龄为 148 Ma;其次是林甸-常家围子和古龙断陷火石岭组火山岩平均年龄为 145 Ma 左右;东部边缘断陷如北安、绥化、宾县、德惠和十屋等断陷火石岭组火山岩平均年龄为 140 Ma 左右;位于西部的断陷如小林克、梅

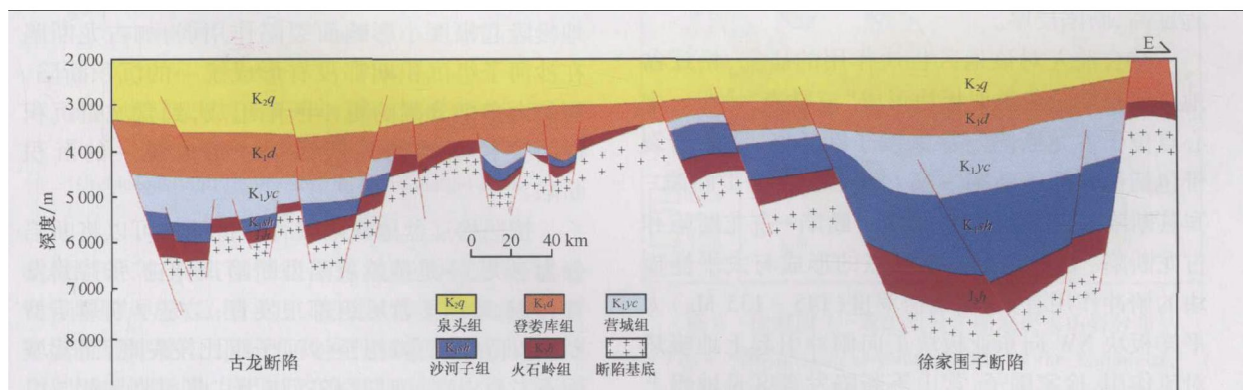


图 1 松辽盆地古龙-徐家围子断陷地层剖面

Fig. 1 Section of Gulong-Xujiaweizi fault depression in the Songliao Basin

① 陈波. 松辽盆地中石化探区断陷层序地层骨架研究及勘探潜力分析. 2006

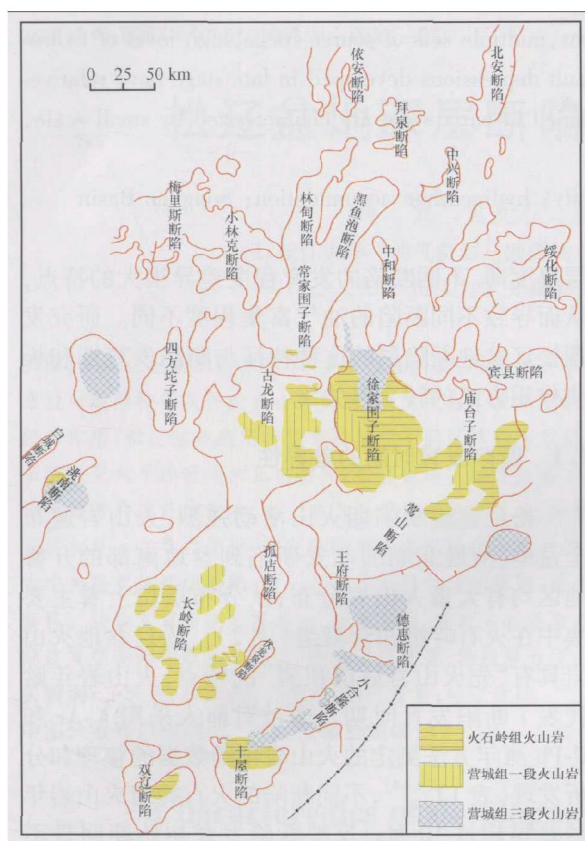


图2 松辽盆地南部断陷层火山岩分布

Fig. 2 Distribution of volcanic rocks in the southern fault depressions of the Songliao Basin

里斯、白城及西南部的开鲁、义县等断陷火石岭组火山岩平均年龄为 135 ~ 130 Ma 左右。最早发育的徐家围子等断陷与西部断陷的年龄相差超过 10 Ma, 并且发育早的断陷伸展作用强, 断陷联合程度高, 断陷层厚。

结合前人对该地区板块作用的研究, 松辽盆地断陷早期阶段类似板块形成“三联点”^[9,10]。中心点位于古龙断陷与徐家围子断陷区, 三条断裂带包括徐家围子断陷-庙台子断陷-莺山断陷-宾县断陷、林甸断陷-常家围子断陷-古龙断陷和古龙断陷-长岭断陷。三联点的形成与太平洋板块的俯冲作用有关, 在晚侏罗世(145 ~ 135 Ma)太平洋板块 NW 向东亚板块正向俯冲引起上地幔热对流作用, 徐家围子、莺山等断陷发育区是地幔上隆的最高区域, 地幔物质以高地幔柱为中心向四周扩展, 造成不同位置发育的断陷在时间和规模上的不均衡状况^[11]。

断陷的发育从三联点开始, 应力场逐渐向四

周扩展, 相应的外围断陷形成的起始时间可能要相应晚一些。处于三联点中心的徐家围子、莺山等断陷发育时间早、持续时间长、断陷面积大、伸展作用强, 构造沉降幅度大、火山作用强。处于三条断裂带上的断陷初始发育期也不同, 处于远端的依安断陷、长岭断陷和宾县断陷晚发育近 10 Ma, 长岭断陷上侏罗统厚度与上白垩统相比较薄, 反映晚侏罗世沉积时起始时间晚, 断陷伸展弱。特别是西部和西南部的断陷起始时间就更晚一些, 整个断陷持续的时间也相对短一些, 表现为断陷伸展作用弱、断陷规模小, 断陷层厚度薄, 对油气富集程度影响显而易见。

1.2 断陷发育的持续性

松辽盆地断陷层不如渤海湾盆地断陷发育的重要原因是一晚侏罗世的板块构造环境仅持续 10 Ma(145 ~ 135 Ma)。在早白垩世营城组沉积时期, 板块构造环境发生变化, 太平洋板块的俯冲作用由 NW 向转化为 NNW 向东北亚板块的减速俯冲, 不仅激发上地幔对流形成的火山作用, 同时引起区域性的左旋张扭作用, 由于早期东部断陷区扩展量增大, 西部断陷扩展量小, 所以沿中央大断裂发生相对左旋平移, 致使中央古隆起东西两侧断裂重新强烈活动, 在区域拉张基础上局部叠加了扭动作用, 中央古隆起带两侧的断陷再度强烈伸展, 以东部断陷区尤为显著(图 3)。如徐家围子断陷在营城组沉积期发生大规模的火山活动和裂隙作用, 并发育一系列压扭性断层及与下伏地层的角度不整合接触^[12]。中央断陷带在早期受上地幔隆起幅度小影响而裂隙作用弱, 如古龙断陷在沙河子组沉积期都没有形成统一的沉积断陷, 而是由多个分割的更小断陷组成, 到营城组沉积期因主控断裂的强烈活动才形成统一的沉积断陷。

按照松辽盆地断陷发育的持续性可以将断陷分为三类, 一是持续裂陷型断陷, 断陷扩张持续发展, 火石岭组至营城组都很发育; 二是早期裂陷型断陷, 即从火石岭组至沙河子组比较发育, 而营城组不发育; 三是晚期裂陷型断陷, 即主要是营城组发育, 而早期不发育。

以徐家围子为代表的持续型断陷无论是火石岭组还是营城组, 火山作用都非常活跃。深层钻井钻遇火成岩集中分布在西部近南北向边界基底

表1 松辽盆地深层断陷火山岩测年数据
Table 1 Dating of volcanic rocks in the deep fault depressions of the Songliao Basin

断陷	火石岭组测年/Ma	沙河子组测年/Ma	营城组测年/Ma
徐家围子断陷	5 $\frac{157.9 \sim 140.1}{148.8} \pm 3.9$	5 $\frac{136.0 \sim 131.3}{133.1} \pm 4.8$	20 $\frac{130.5 \sim 86.5}{115.9} \pm 2.1$
庙台子-莺山断陷	155.4	2 $\frac{132.1 \sim 127.1}{129.8} \pm 5.7$	4 $\frac{127.9 \sim 78.0}{114.3} \pm 4.2$
绥化断陷	140.3	无数据	无数据
依安断陷	134.9	无数据	无数据
宾县断陷	151.0	4 $\frac{128.2 \sim 124.2}{126.4} \pm 1.3$	5 $\frac{122.5 \sim 111.2}{115.1} \pm 0.9$
德惠断陷	153.0	无数据	6 $\frac{126.1 \sim 105.0}{120.7} \pm 1.5$
林甸-常家围子断陷	2 $\frac{149.0 \sim 144.0}{146.5}$	无数据	无数据
古龙断陷	4 $\frac{150.6 \sim 137.0}{145.2}$	无数据	无数据
长岭断陷	无数据	无数据	6 $\frac{130.8 \sim 86.0}{97.6} \pm 0.6$
富裕断陷	140.7	122.0	8 $\frac{122.0 \sim 88.2}{106.8} \pm 0.6$
梅里斯与小林克断陷	3 $\frac{138.5 \sim 131.0}{134.5} \pm 1.9$	无数据	8 $\frac{117.4 \sim 88.0}{105.3} \pm 1.8$
白城断陷	无数据	无数据	2 $\frac{111.7 \sim 95.5}{103.6} \pm 1.6$
义县断陷	4 $\frac{131.2 \sim 120.0}{127.7} \pm 2.6$	3 $\frac{119.8 \sim 115.0}{117.9} \pm 1.1$	3 $\frac{115.0 \sim 80.0}{95.0} \pm 2.4$

注:4 $\frac{131.2 \sim 120.0}{127.7} \pm 2.6$ 中,4 代表样品个数,131.2 代表年龄最大值,120.0 代表年龄最小值,123.7 代表年龄平均值,±2.6 代表误差。

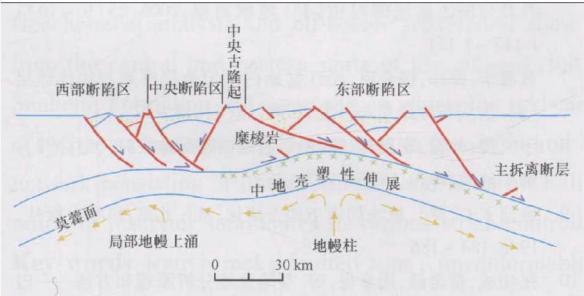


图3 松辽盆地晚侏罗—早白垩世断陷伸展模式
Fig. 3 Extensional model of the Late Jurassic-Early Cretaceous fault depressions in the Songliao Basin
(据迟元林,2002 改编)

断层附近,在东部和东北部缓坡上的钻井也钻遇到较厚的火成岩(图4)。表明从晚侏罗世到早白垩世断裂伸展作用强烈,具有持续发育的特点。

以长岭断陷为代表的晚期裂陷型断陷,早期受上地幔隆起幅度小而裂陷作用弱,长岭断陷在沙河子组沉积期还没有形成统一的沉积断陷,而是由多个分割的更小断陷组成,到营城组沉积期受控断断裂的强烈活动才形成统一的沉积断陷,

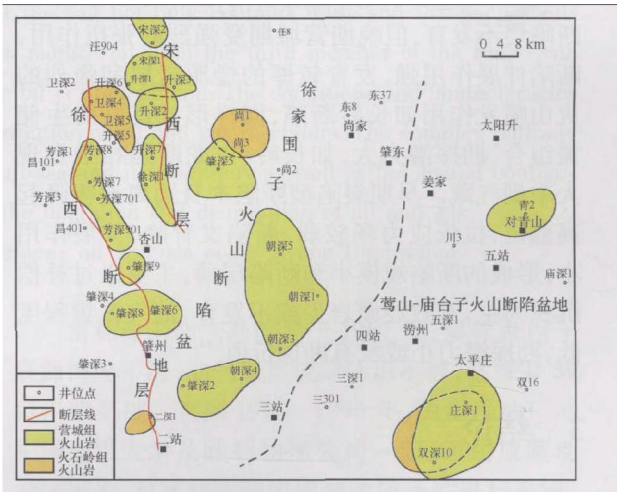


图4 徐家围子-莺山庙台子断陷层火山岩分布
Fig. 4 Distribution of volcanic rocks in the Xujiaweizi, Yingshan and Miaotaizi depressions in the Songliao Basin

这类断陷主要发育在中央断陷区。营城组沉积较厚的断陷层,还伴随强烈的火山活动,长岭断陷火山活动持续时间很长,营城组测年数据从130.8 Ma

到 86 Ma。火山岩发育区火山岩地层的厚度很大,单个火山岩体就厚逾数百米,如 DB-11 井钻遇火山熔岩 600 m 未穿,DB-10 井钻遇 800 m 未穿^[13],反映沉积期断陷伸展作用非常强,沿断裂形成大量火山岩喷发。

以小林克断陷为代表早期裂陷型断陷,早期大多远离上地幔隆起高点或“三联点”,断陷发育晚、伸展作用弱,断陷规模小,晚期远离大陆边缘,所受到张扭作用小,断陷伸展作用基本结束,火山作用也较弱。

2 断陷特征与油气富集

由于松辽盆地深层断陷是在两种不同区域构造作用体制下生成发展,形成 3 种不同类型的断陷盆地,3 种类型的断陷盆地具有不同的油气富集特征及勘探潜力,以徐家围子断陷为代表的持续裂陷型断陷,发育沙河子组和营城组两套烃源岩,并伴生火石岭组和营城组的大量火山岩,形成由碎屑岩与火山岩组成的储集体,特别是营城组火山岩主要沿控断断裂喷发和堆积,临近生烃凹陷,形成良好的生储盖组合,勘探潜力最大;目前在东部断陷区的徐家围子、莺山及十屋等断陷相继发现大型天然气气藏。晚期裂陷型断陷,虽然早期断陷层不发育,但晚期营城期受强烈的张扭作用,断陷伸展作用强,发育较厚的烃源岩层和强烈的火山喷发作用如长岭断陷,同样形成良好的生储盖组合,勘探潜力大,如长岭、古龙断陷相继发现大中型气藏。早期裂陷型断陷本身远离地幔隆起高部位,拉张应力场较弱,断陷发育晚、伸展作用小,形成的断陷规模小和断陷层薄,主要以过补偿沉积为主,有效烃源岩少或不发育,油气富集程度低,勘探潜力小或没有勘探价值^[14,15]。

3 结论

1) 松辽盆地断陷在早侏罗世由于受到太平洋板块的正向俯冲,导致地幔上隆形成区域拉张构造环境,形成类似“三联点”的断陷分布格局,受构造应力传导滞后的影响,远离地幔上隆高部位的区域断陷发育晚、断陷规模小。

2) 在早白垩世,由于太平洋板块对东北亚板块的俯冲方向与速度发生变化,松辽盆地区构造

应力场由拉张作用转变为张扭作用,使不同断陷的持续发育受到影响,也是松辽盆地深层断陷发育程度差异的主要原因。中、东部断陷区构造应力作用强,断陷持续发育,断陷发育时间长、断陷规模大、断陷层厚。西部及边缘断陷受构造应力作用较弱,断陷发育缓慢。

3) 3 种不同类型的断陷油气富集程度不同,持续裂陷型断陷油气富集程度高,勘探潜力大,其次是晚期裂陷型断陷,早期裂陷型断陷勘探潜力小。

参 考 文 献

- 1 翟光明,王志武. 中国石油地质志(卷2)——大庆油田[M]. 北京:石油工业出版社,1993. 126~134
- 2 周嘉青,雷一心. 松辽盆地断陷层系大、中型油气田形成条件及勘探方向[J]. 石油与天然气地质,2006,27(6):820~826,840
- 3 侯启军. 松辽盆地古龙地区天然气勘探方向[J]. 石油勘探与开发,2005,32(5):38~40
- 4 章凤奇,庞彦明,杨树锋,等. 松辽盆地北部断陷区营城组火山岩锆石 SHRIMP 年代学、地球化学及其意义[J]. 地质学报,2007,81(9):1248~1252
- 5 闫全人,高山林,王宗起,等. 松辽盆地火山岩的同位素年代、地球化学特征及意义[J]. 地球化学,2002,31(2):169~177
- 6 贾军涛,王璞珊,张斌,等. 哈尔滨东宁县白垩纪地层层序及其与松辽盆地的对比[J]. 地质通报,2006,25(9-10):1143~1151
- 7 黄清华,谭伟,杨会臣. 松辽盆地白垩纪地层序列与年代地层[J]. 大庆石油地质与开发,1999,18(6):15~17
- 8 于文卿,孙希,于恩君,等. 松辽盆地白垩纪地层时代划分[J]. 铀矿地质,1999,15(5):257~263
- 9 康迪 K C[美]. 板块构造与地壳演化[M]. 北京:科学出版社,1986. 184~186
- 10 张功成,蔡希源,周章保,等. 裂陷盆地分析原理和方法——以松辽盆地为例[M]. 北京:石油工业出版社,1996. 3~9
- 11 譙汉生,记友亮,姜在兴,等. 中国东部大陆裂谷与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1999. 49~52
- 12 迟元林,云金表,蒙启安,等. 松辽盆地深部结构及成盆动力学与油气聚集[M]. 北京:石油工业出版社,2002. 1~34,218~221
- 13 陆建林,王果寿,蔡进功,等. 长岭断陷火山岩气藏勘探潜力[J]. 天然气工业,2007,27(8):13~15
- 14 齐井顺. 松辽盆地北部深层火山岩天然气勘探实践[J]. 石油与天然气地质,2007,28(5):590~596
- 15 金晓辉,林壬子,邹华耀,等. 松辽盆地徐家围子断陷火山活动期次与烃源岩演化[J]. 石油与天然气地质,2005,26(3):349~355

(编辑 董立)