

天然气地质学

松辽盆地北部深层有效烃源岩分布预测

王志宏¹, 罗霞¹, 李景坤², 胡国艺¹

(1. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北 廊坊 065007;

2. 大庆油田有限责任公司 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

摘要: 采用单井标定地震相反演的的方法, 研究了松辽盆地北部深层烃源岩的展布特征。根据过井地震反射特征, 并结合单井有效烃源岩厚度比值, 将松辽盆地深层地震相分为4种类型: I类地震相为火山岩反射特征; II类地震相为煤的典型反射特征; III类地震相为泥岩反射特征; IV类地震相为湖相碎屑岩反射特征。根据地震相分析结果, 预测了深层烃源岩的展布特征, 指出有效烃源岩分布主要受控于深层断陷发育规模, 不同结构的断陷中烃源岩发育存在明显差异, 其中沙河子组烃源岩是深层最主要的烃源岩, 在各深层断陷中广泛分布, 有效烃源岩厚度大; 登娄库组二段烃源岩主要发育于西部断陷区, 营城组烃源岩在东部断陷较发育, 火石岭组烃源岩主要发育在徐家围子、双城断陷。

关键词: 有效烃源岩; 地震相; 断陷规模; 深层; 松辽盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2008)02-004-06

0 引言

松辽盆地北部深层主要包括上侏罗统一白垩统断陷构造层和泉二段以下的拗陷构造层, 主要目的是断陷期的上侏罗统火石岭组、下白垩统沙河子组、营城组和拗陷期的登娄库组^[1-2]。断陷地层分布于一系列分割断陷中, 火石岭—沙河子组沉积时期为断陷大规模伸展期, 沙河子组沉积末期发生了大规模的反转, 奠定了断陷期地层的改造格局^[3-5]。断陷期的湖相泥岩层和煤层是深层最重要的生烃层系^[6]。目前松辽盆地深层断陷勘探程度低, 已钻遇深层的井均分布在断陷边部, 断陷中部深层地层未有很好揭示, 也尚未有对深层沉积相的系统研究。因此, 对于松辽盆地深层来说, 简单利用单井资料和沉积相资料预测断陷中心烃源岩质量与分布是一件相当困难的事情。本文采用单井标定地震相反演的的方法, 试图得出深层烃源岩的厚度分布特征。

1 烃源岩纵向发育特征

松辽盆地北部深层自下而上发育火石岭组、沙河子组、营城组和登娄库组二段等多个烃源岩层段,

以火石岭组和沙河子组最为发育, 烃源岩主要为暗色泥岩和煤。泥岩主要形成于湖相沼泽、泥坪、湖泊和分流间湾环境中, 单层厚度一般为1~18 m。煤主要形成于沼泽和分流间湾环境中。营城组烃源岩主要为火山喷发间隙期沉积的暗色泥岩, 单层厚度一般为2~12 m。登娄库组烃源岩主要为登二段灰色泥岩, 主要形成于湖泊、分流间湾环境中, 单层厚度一般为0.5~5 m。(图1)。

2 有效烃源岩分布预测

通过对徐深1井不同岩性烃源岩有机碳分析结果及其它井的有关资料, 松辽盆地深层黑色、深灰色泥岩和黑色粉砂质泥岩是有效气源岩, 而灰色泥岩不能都作为有效气源岩(表1)。结合单井资料和沉积相分析, 采用单井标定地震相反演的的方法, 研究了松辽盆地北部深层烃源岩的分布特征。

2.1 有效烃源岩地震相特征

根据过井地震反射特征, 结合单井有效烃源岩厚度比值, 将松辽盆地北部深层地震相特征分为4种类型(表2, 图2)。其中I类地震相反射特征为火

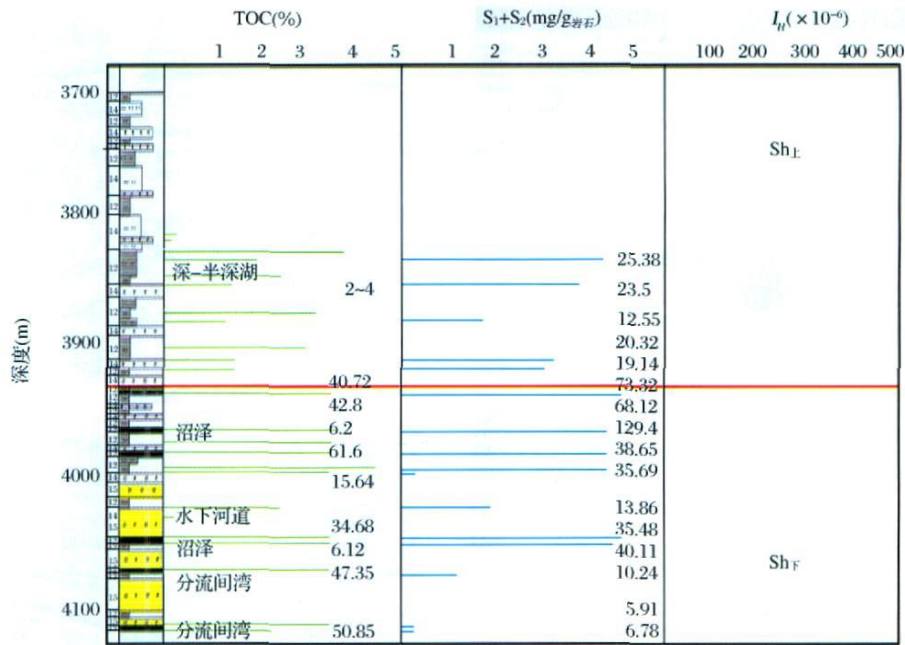


图1 徐深1井岩性及有机地球化学综合柱状示意

表1 徐深1井不同岩性有机碳含量

层位	岩性	TOC (%)
沙上	黑色粉砂质泥岩	2.00
	黑色泥岩	2.34
	灰色泥质粉砂岩	0.24
	灰色泥岩	0.26
沙下	黑色泥岩	3.48
	黑色粉砂质泥岩	2.00

表2 松辽盆地深层地震相特征

地震相	特征
I I	杂乱、蠕虫状、丘状反射
II II ₁	强振幅、密集反射、连续性好
III	III _A 中强振幅、中频、席状外形、较连续、平行结构
	III _B 中强振幅、中频、亚席状外形、较连续、亚平行结构
	III _C 中弱振幅、中等连续、亚平行结构
	III _D 顶底板反射、反射特征不一
IV	IV ₁ 楔状外形、中强振幅、断续结构、同相轴发散杂乱
	IV ₂ 楔状外形、振幅强弱不一、中等连续
	IV ₃ 透镜状外形、内部振幅强弱不一、断续结构
	IV ₄ 丘状外形、多个丘状体叠在一起
	IV ₅ 强振幅、叠瓦状前积特征

山岩反射特征,即丘状外形、强振幅、密集反射、连续性差;II类地震相反射特征为煤的典型反射特征,即强振幅、密集反射、连续性好;III类地震相特征为泥

岩反射特征,即中强振幅、中频、较连续、具席状外形、平行结构;IV类地震相特征为湖相碎屑岩反射特征,即楔状外形、中强振幅、断续结构、同相轴发散杂乱,多分布于断层根部。

2.1.1 沙河子组地震相特征

沙河子组烃源岩地震相特征主要为2种类型:II型反射特征为煤的典型反射特征,强振幅、密集反射、连续性好;III型地震相特征为泥岩反射特征,其中III型地震相特征最好,为中强振幅、中频、席状外形、较连续、平行结构,暗色岩与地层厚度比值最高,为45%~70%(图2)。徐家围子断陷宋深3井和双城西断陷三深1井沙河子组有效烃源岩与地层厚度比值较高,达65%~70%以上,松辽盆地北部徐家围子断陷、林甸断陷、双城西断陷、古龙断陷南部沙河子组均具有III型地震相反射特征,说明这些断陷沙河子组烃源岩质量较好。

2.1.2 火石岭组地震相特征

火石岭组火山岩反射特征明显,表明火石岭组沉积时期火山活动强烈,火山喷发岩范围广。烃源岩地震相特征主要为III型地震相特征(图2),表明火石岭组沉积时期,断陷初期湖泊分布局限,且多为浅水湖泊,因此,滨浅湖环境下形成的碳质泥岩和局部分布的煤层是主要的气源岩;同沙河子组地震相类似,煤层反射特征不明显,反映出火石岭组时期,煤层较薄,只是在局部地区富集煤层。该时期扇体的地震反射特征也明显,广泛发育冲积平原相,支流

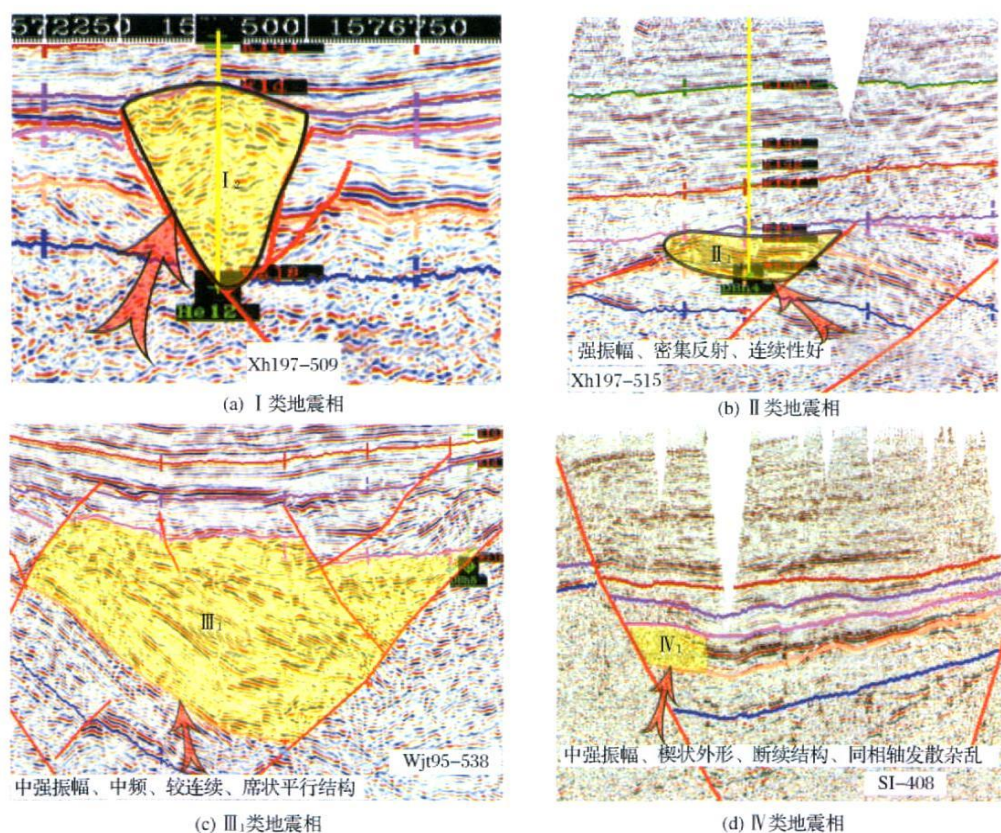


图2 松辽盆地不同类型地震相特征

间湾、沼泽相泥岩亦可作为有效烃源岩,但分布局限。

2.2 有效烃源岩分布特征

火石岭组煤层发育在徐家围子断陷,分布范围小,主要集中在徐深6井、徐深1井附近,最大厚度约35 m;徐家围子断陷暗色泥岩厚度一般为50~200 m之间。双城断陷暗色泥岩一般在100~200 m之间,最大厚度在300 m左右(图3a)。

沙河子组烃源岩是深层最主要的烃源岩,在各断陷盆地中均广泛分布,并具有有效烃源岩厚度大的特征。钻遇暗色泥岩最厚的为三深2井,厚度达771 m。预测烃源岩的最大厚度在900 m以上,主要分布区间为300~500 m(图3b)。沙河子组煤层在徐家围子断陷、双城西断陷中均钻遇。厚度分布在3~103 m之间,煤层分布极不稳定,主要分布于徐深1井以北地区。营城组烃源岩在徐家围子断陷东部发育(图3c),预测最大厚度为150 m以上。

登娄库组烃源岩主要发育在双城断陷、古龙断陷,其中古龙断陷暗色泥岩厚度最大值为200 m(图3d),主要以河流、滨浅湖相为主,暗色泥岩不很发育,厚度相对营城组和沙河子组要小。从气源岩的分布情况看,营城组、沙河子组和火石岭组比登娄库

组更为有利。

从松辽盆地整体看,深层存在登娄库组二段、营城组、沙河子组和火石岭组等多个烃源岩发育层段。其中登二段烃源岩主要发育于西部断陷区,双城断陷也比较发育,而徐家围子断陷登二段烃源岩不发育。营城组以火山岩为主兼有部分碎屑岩沉积,暗色泥岩具有一定的生烃能力。深层最重要的生烃层段是沙河子组,富含暗色泥岩和煤。

3 断陷发育对烃源岩分布的控制作用

不同断陷中的断裂发育程度不同,断裂的伸展量有明显差异,形成的断陷规模和厚度不同^[7]。古龙地区的控陷断裂多为一系列独立发育的断裂,联合程度较低,平面延伸长度最大的也仅35 km,倾角最小的南部控陷断裂也仅30°左右,一般多在45°以上,基岩顶面断距最大也可达4 000 m左右,但一般均小于2 000 m,走向总体呈NNW、NE和近SN向等3个方向,单条断裂规模小,走向在平面上变化不大。平衡剖面分析表明,沙河子期为主伸展期,但该断陷带中北部的伸展量不大,仅3.88~4.57 km左右,伸展强烈的地区即南部的茂兴断陷,沿线总伸展量可达10.39 km(图4)。正是南北断裂活动的

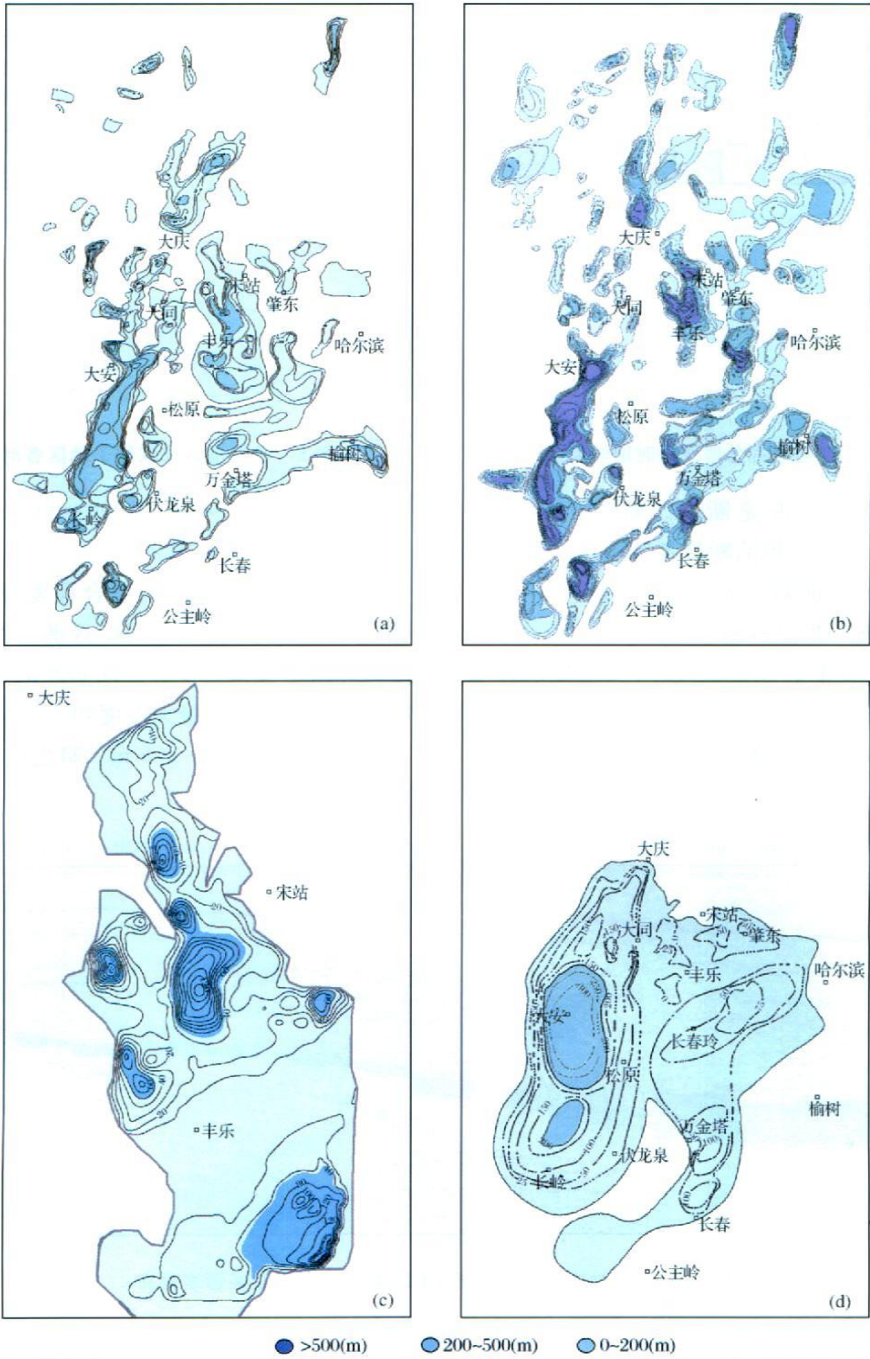


图3 松辽盆地不同时期烃源岩厚度

(a)松辽盆地火石岭组烃源岩厚度;(b)松辽盆地沙河子组烃源岩厚度;

(c)松辽盆地徐家围子断陷营城组烃源岩厚度;(d)松辽盆地登娄库组烃源岩厚度

差异,导致了断陷主要烃源岩发育层的沙河子组发育规模和厚度不同。中北部零星断陷面积小,最大不超过 300 km²,厚度小于500 m,只有南部的茂兴断陷,面积达 1 160 km²,厚度超过 1 000 m,茂兴断陷与松辽盆地南部长岭断陷连为一体。

徐家围子地区,中部区域沙河子期伸展量大,断

裂伸展量可达 5.03 km(图 5),所以断陷的面积也大。如安达—徐家围子断陷带,面积可达 3 000 km²以上,地层厚度超过 1 000 m。断陷的结构也比较复杂,具备统一的箕状格架、统一的沿降中心。

双城断陷与上述两类断陷相比,控陷断裂的平面延伸长度、水平伸展量、影响范围都相对小于徐家

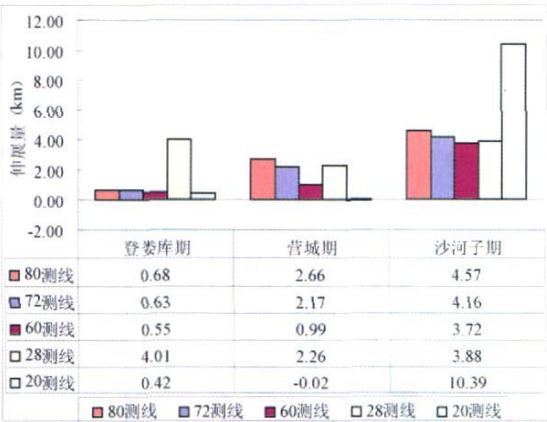


图4 松辽盆地古龙地区各时期伸展量

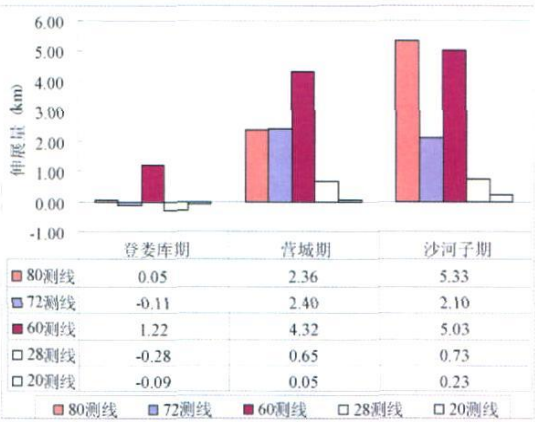


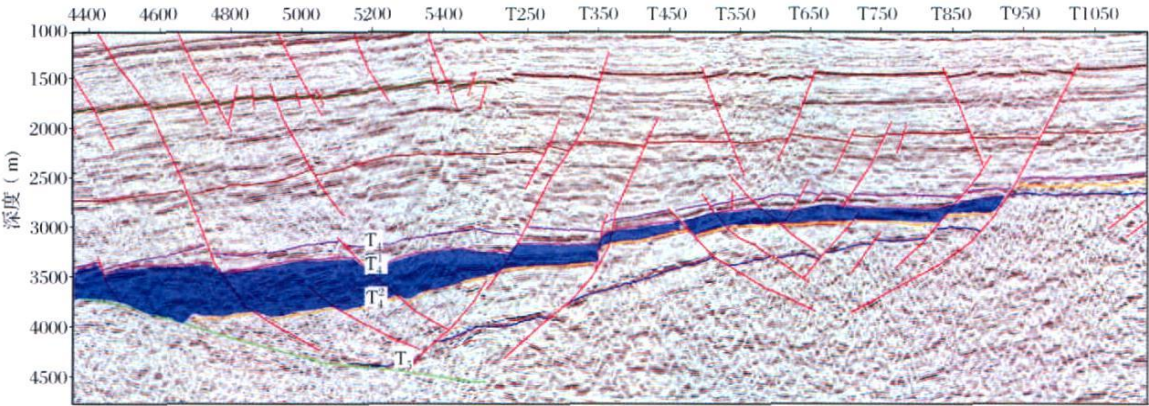
图5 松辽盆地徐家围子地区各时期伸展量

围子断陷,但又大于古龙断陷。断陷的面积在1 200 km²左右。同时,控陷断裂各区段连接后统一演化的程度低,所以断陷各部分的联系性差,不具统一的沉降中心,统一的结构格架。

不同断陷中的断裂发育程度不同,断裂的伸展量不同,直接导致了地层沉积量的差异,沉积厚度和范围均有不同,烃源岩的发育也不同^[8]。徐家围子断陷、古龙断陷南部暗色泥岩广泛发育,烃源岩分布

厚度大、范围广,一般为300~600 m,最大厚度在1 000 m以上(图6,图7)。

双城断陷由于断裂联合程度较徐家围子断陷低,断陷规模和地层厚度薄,烃源岩发育的规模和厚度也相应小和薄。双城西断陷沙河子组平均厚度在300~600 m之间,最大厚度约1 000 m(图8);双城东断陷一般为100~200 m。暗色泥岩不太发育,一般为100 m左右。



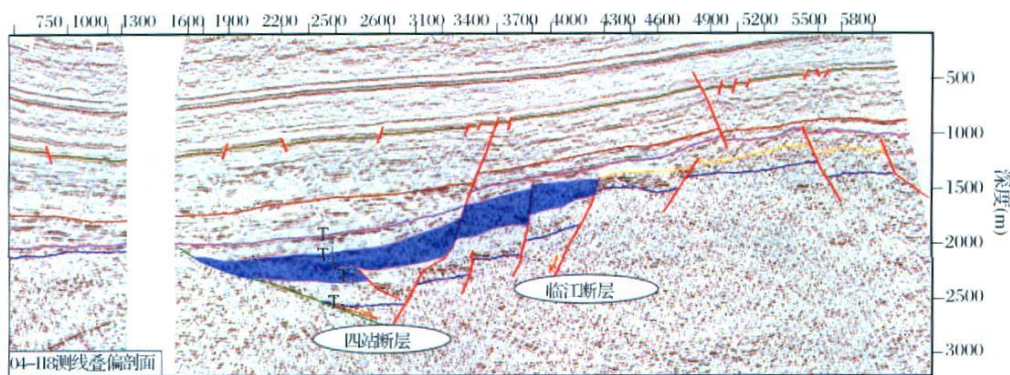


图8 松辽盆地双城西断陷04—118测线沙河子级烃源岩分布

4 结论

(1)松辽盆地北部深层地震相可分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ等4种类型。其中Ⅱ类反射特征为煤的典型反射特征,即强振幅、密集反射、连续性好;Ⅲ类地震相特征为泥岩反射特征,其中Ⅲ型地震相特征最好,为中强振幅、中频、席状外形、较连续、平行结构,暗地比最高(为45%~70%)。

(2)登二段烃源岩主要发育于西部断陷区,双城断陷也比较发育,而徐家围子断陷登二段烃源岩不发育。营城组烃源岩在徐家围子东部断陷发育。火石岭组烃源岩主要发育在徐家围子断陷。深层最重要的生烃层段是沙河子组,富含暗色泥岩和煤。

(3)有效烃源岩分布主要受控于深层断陷的发育规模,不同结构的断陷中烃源岩发育存在明显差异,小型断陷烃源岩发育局限、厚度薄、面积小,如古龙断陷北部零星断陷。徐家围子、双城、林甸等大中型断陷,烃源岩发育广泛,厚度和面积均较大。

参考文献:

- [1] 高瑞祺, 蔡希源, 等. 松辽盆地大油田形成条件与分布规律 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [2] 任延广, 朱德丰, 万传彪, 等. 松辽盆地北部深层地质特征与天然气勘探方向 [J]. 中国石油勘探, 2004, 4: 12-18.
- [3] 高君, 李占林, 李勤学. 松辽盆地北部深部地壳结构及盆地成因机制 [J]. 大庆石油地质与开发, 2002, 21(1): 20-22.
- [4] 罗志立, 姚军辉. 试论松辽盆地新的成因模式及其地质构造和油气勘探意义 [J]. 天然气地球科学, 1992, 3(1): 1-10.
- [5] 刘德良, 杨强, 李振生, 等. 松辽盆地多元构造系统要览 [J]. 天然气地球科学, 2005, 16(4): 433-436.
- [6] 王树学, 周庆华, 周庆强, 等. 松辽盆地徐家围子断陷深层天然气含气系统与成藏机制 [J]. 天然气地球科学, 2007, 18(3): 394-398.
- [7] 张功成, 梁慧社, 徐宏, 等. 平衡剖面正演模拟技术在松辽盆地构造分析中的应用 [J]. 西安石油学院学报, 1999, 14(2): 1-4.
- [8] 陈均亮, 蔡希源, 林春华, 等. 松辽盆地北部断陷盆地构造特征与幕式演化 [J]. 石油学报, 1999, 20(4): 14-18.

Effective Source Rock Forecasting in Deep Layers of Northern Songliao Basin

WANG Zhi-hong¹, LUO Xia¹, LI Jing-kun², HU Guo-yi¹

(1. Langfang Branch, PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Langfang 065007, China;
2. Institute of Exploration & Exploitation, Daqing Oilfield Company Ltd., Daqing 163712, China)

Abstract: Based on single well-to-seismic facies calibration and seismic inversion, the distribution characteristics of deep source rock are analyzed in the northern part of the Songliao basin. The seismic facies of the deep layers can be divided into four types according to the seismic reflection data and the thickness ratio of effective source rock in single wells. The first seismic facies is the features of volcanic reflection, the second is coal reflection, the third mud reflection, the fourth lacustrine clastic reflection. On the basis of the seismic facies analysis, the distribution of the effective source rock in the deep layers is forecast. The distribution characteristics of the effective source rock are controlled by the developing scale of deep fault depressions, and they are various in different fault depressions. The source rock in K_1sh is the main effective source rocks and is distributed widely in all the deep fault depressions and it has great. The source rock in K_1d^2 is developed mainly in the western fault depressions, the K_1yc source rock in the eastern fault depressions, and the J_3h source rock in the Xujiaweizi and Shuangcheng depressions.

Key words: Effective source rock; Seismic facies; Fault depression scale; Deep layer; Songliao basin.