

文章编号: 1009-3850(2009)02-0071-06

松辽盆地北部浅层层序格架中的储盖组合特征

王改云, 王英民, 韩建辉, 张雷, 廖飞燕

(中国石油大学 资源与信息学院, 北京 102249)

摘要: 本文采用地震和钻测井资料, 建立了松辽盆地北部浅层的层序地层格架, 分析了各体系域内沉积相的特征。在此基础上, 研究了储层和盖层的发育特征, 并探讨了储盖组合的配置关系。认为储集岩主要为四方台组层序格架中的湖侵体系域河流相砂岩和湖退体系域中的三角洲相砂岩及滨浅湖滩坝砂岩, 平面上主要集中在齐家-古龙凹陷、龙虎-大安阶地、长垣南部和三肇凹陷等地区。盖层主要为每一层序中最大湖泛面上下的稳定泥岩段, 其中四方台组下部层序中的泥岩段为局部盖层, 四方台组中上部及明一段层序中的泥岩段为较有利的区域盖层。

关键词: 松辽盆地北部; 层序地层; 储层; 盖层

中图分类号: TE122.2 文献标识码: A

松辽盆地发现的油气资源主要集中在嫩江组以下的储集层^[1-3], 浅层也发现了一定数量的油气藏, 如在大庆长垣上见到多处井喷和油气显示, 在萨尔图、大安、红岗等构造带上获得工业性气流。但是浅层并未引起人们的重视, 对其研究相对较少^[4-6]。控制浅层油气成藏的一个重要因素就是浅层的储盖组合的发育情况。本文探讨层序地层格架中储盖层特征及其组合关系, 为研究区的油气勘探提供相应的依据。

1 层序地层格架及沉积特征

松辽盆地北部指吉林省和黑龙江省界地以北的盆地部分(图 1), 其浅层主要指四方台组和明水组。

结合地震、钻测井资料及前人的研究成果^[7-9], 将松辽盆地北部浅层划分为一个二级层序, 六个三级层序(SQ1-SQ6), 并在三级层序内部以最大湖泛面为界, 划为湖侵体系域和湖退体系域(图 2)。

SQ1 相当于四方台组的下部, 海侵体系域早期发育南北向的曲流河沉积(图 3), 随后整个盆地快速水淹, 形成大面积的滨浅湖沉积, 至湖退体系域晚期, 研究区南部和北部发育进积的曲流河三角洲沉

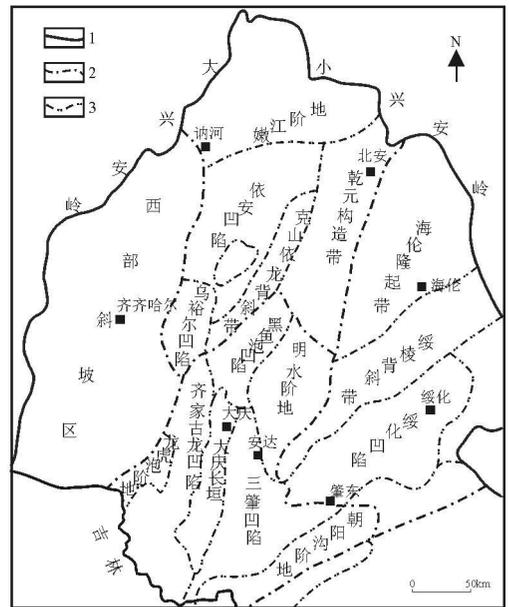


图 1 松辽盆地北部位置与构造简图

1 盆地边界; 2 一级构造界线; 3 二级构造界线

Fig 1 Location and simplified tectonic map of northern Songliao Basin

1 = basin boundary 2 = first order tectonic boundary 3 = second order tectonic boundary

收稿日期: 2008-06-30

作者简介: 王改云(1980-), 女, 博士, 主要从事盆地分析与资源评价研究。E-mail: gaifuyun520@163.com

地层单元				地层厚度/m	层序划分			三级层序及界面特征描述	沉积相	储盖组合							
系	统	组	段		二级	三级	体系域			储层	盖层						
古近系	白垩系	明水组	明二段	0~381	SSQ1	SQ6	X	底界位于明二段的中部,地震上为中强反射界面,钻井上为沉积方式的转换面。	湖泊 三角洲						
												明一段	0~243	SQ5	X	底界相当于明二段的底部,地震上为平行中底频强反射界面的顶,局部见顶超和削截。钻井为转换面。	三角洲 湖泊 三角洲
			四方台组	0~413				SQ4	X								
												SQ3	X	底界为四方台组顶部的砂岩底部,其上经历由棕红色岩性到绿色-灰色岩性的转变,说明其沉积环境发生了变化。	湖泊 曲流河		
																SQ2	X
			SQ1	X				底界为四方台组的底界,地震上为中强反射界面,钻井为沉积转换面,界面之上为一套底砾岩,地层向上前积。	三角洲 湖泊 曲流河								

图 2 松辽盆地北部浅层层序、沉积相及储盖组合

Fig 2 Shallow sequences, sedimentary facies and reservoir seal associations in northern Songliao Basin

积,该层序厚度随沉降中心的迁移而逐渐变化,在齐家古龙凹陷地区沉积最厚,可达上百米,而在西部斜坡区沉积厚度较小,仅有几十米。 SQ_6 相当于四方台组的中上部,此期构造运动趋于相对稳定,为浅水湖盆环境,发育的沉积类型与 SQ_1 相似(图4),但湖退体系域晚期的三角洲沉积主要集中于研究区长垣南部和东部的边缘地带。 SQ_3 的底界位于四方台组的顶部, SQ_3 沉积水体相对较深,湖侵体系域早期仍发育曲流河沉积,但与上述层序中的河流沉积相比,规模较小,且砂体多沉积在长垣西侧及其东部。在湖侵体系域晚期和湖退体系域,全区广泛分布滨浅湖沉积,部分地区为半深湖沉积。自 SQ_4 沉积期开始,压扭作用增强,造成盆地不均衡沉降,东部隆升开始加剧。沉积体系由南北向延伸转为东西向展布。 SQ_4 相当于明一段的上部,湖侵体系域发育以东部物源为主的辫状河三角洲沉积,砂体主要集中在三肇凹陷、齐家古龙凹陷、龙虎泡阶地等地区,湖退体系域仍发育三角洲沉积,但规模明显减小,且在

研究区边缘均有分布。 SQ_5 和 SQ_6 分别相当于明二段的下部和上部,沉积类型与 SQ_1 相似,物源仍以东部为主,主要发育辫状河三角洲和滨浅湖沉积(图5)。

2 储盖组合特征

通过对研究区上千口钻井的统计发现,浅层的油气信息主要集中在四方台组的储层中,明水组中油气显示相对较少,明一段广泛发育的泥岩盖层是浅层油气显示的分隔线。对于二级层序而言,低位体系域(四方台组)为较好的储层,而湖侵体系域中的凝缩层(明一段泥岩段)为封隔性能较好的盖层。对于三级层序而言,油气显示主要集中在 SQ_1-SQ_3 的储集层中,而上覆的 SQ_4-SQ_6 则基本不含油气。本文从三级层序出发,重点讨论 SQ_1-SQ_3 中的储盖组合特征。

2.1 储层特征

在 SQ_1-SQ_3 中,储集层主要为各层序湖侵体系

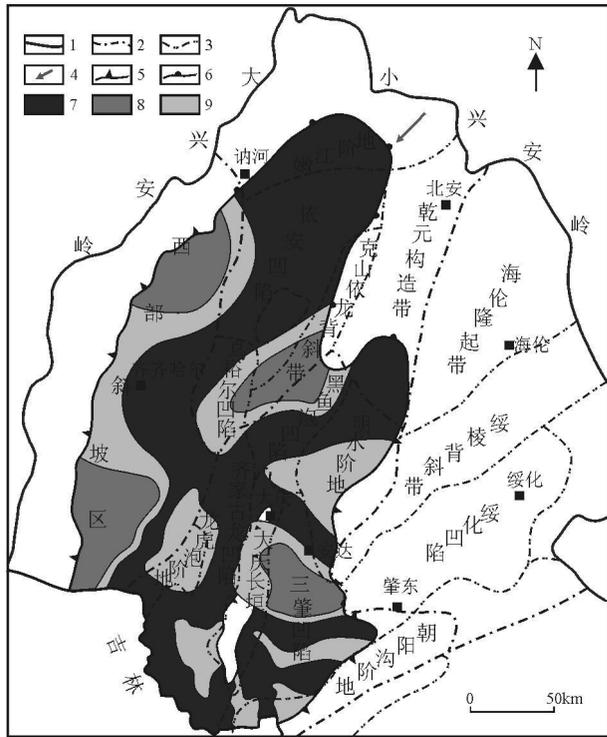


图 3 SQ1湖侵体系域沉积相平面分布图

1 盆地边界; 2 一级构造界线; 3 二级构造界线; 4 物源方向; 5 剥蚀线; 6 超覆线; 7 河床亚相; 8 堤岸亚相; 9 河漫亚相

Fig 3 Planar distribution of the sedimentary facies in the transgressive systems tract in SQ1

1 = basin boundary 2 = first order tectonic boundary 3 = second order tectonic boundary 4 = provenance 5 = denudation line 6 = onlap line 7 = river bed subfacies 8 = levee bank subfacies 9 = flood plain subfacies

域的河流相砂岩和湖退体系域发育的三角洲相砂岩及滨浅湖滩坝砂岩, 岩性以灰色、紫红色、杂色粉砂岩和细砂岩为主, 分选中等好。分析取心井的岩性物性资料, SQ1湖侵体系域的岩性以灰色、紫红色、杂色粉砂岩为主, 孔隙度多在 15.32%~36.07%之间, 平均为 28.16%, 渗透率平均为 1588.75MD, 最高可达 3715MD 为中孔高渗储层(图 6)。SQ2湖侵体系域中主要为灰色砂岩及棕色、褐色粉砂岩, 孔隙度分布在 7.78%~33.13%, 平均 25.37%, 但渗透率很低, 基本都在 100MD 以下, 平均在 50MD 左右, 为中孔低渗储层。SQ3的湖侵体系域中岩性主要为紫红色粉砂岩, 孔隙度平均 19.03%, 渗透率多在 90MD 以下, 为中孔低渗储层。

从各层序的砂岩厚度及平面展布特征来看, 储层厚度变化大, 稳定性差, 但由于盆地发育的继承性, 砂体的发育有极大的相似之处。SQ1-SQ3的湖侵体系域主要为河流相砂岩, 且这三个湖侵体系域

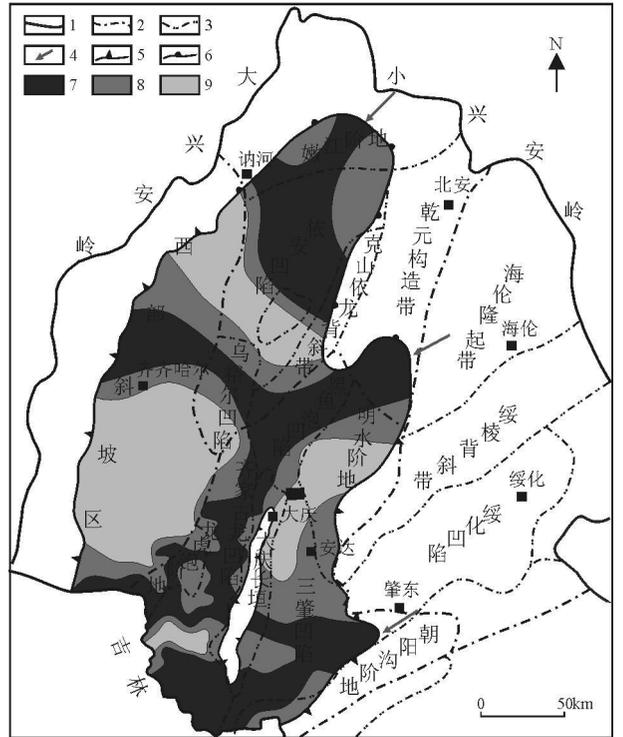


图 4 SQ2湖侵体系域沉积相平面分布图(图例见图 3)

Fig 4 Planar distribution of the sedimentary facies in the transgressive systems tract in SQ2 (see Fig 3 for the explanation of symbols)

的砂体向上逐渐减薄。SQ1湖侵体系域中, 厚度大于 20m 的砂岩分布广泛, 主要集中在齐家古龙凹陷、龙虎大安阶地和三肇凹陷等地区, 英台地区砂体厚度多在 40m 以上; SQ2湖侵体系域中, 厚度大于 20m 的砂体多集中在龙虎大安阶地和三肇凹陷地区, 齐家古龙凹陷中砂体厚度多为十余米; SQ3湖侵体系域中砂体较薄, 厚度大于 10m 的砂体主要分布在大庆长垣西侧、三肇凹陷中南部。SQ1-SQ3的湖退体系域主要为三角洲相砂岩和滨浅湖滩坝, 砂体普遍较薄, 多在 5 米以下, 较厚区主要集中在长垣的南部。

2.2 盖层特征

盖层是形成油气藏的基本条件, 宏观上评价盖层多从岩性、厚度、埋深等角度出发。盖层厚度与封闭能力呈正相关关系, 厚度越大, 封闭能力越强^[10]。厚度大小还决定着盖层原始空间展布面积的大小和断裂破坏后盖层空间分布的连续性^[11]。资料表明, 松辽盆地浅层的盖层厚度 40m 以上即可封盖扩散的天然。埋深则与盖层的成岩作用有关, 研究区在埋深 0~400m 时处于早成岩阶段早期, 泥岩孔隙度较大, 颗粒处于松散状态, 封闭能力很差, 只有泥岩

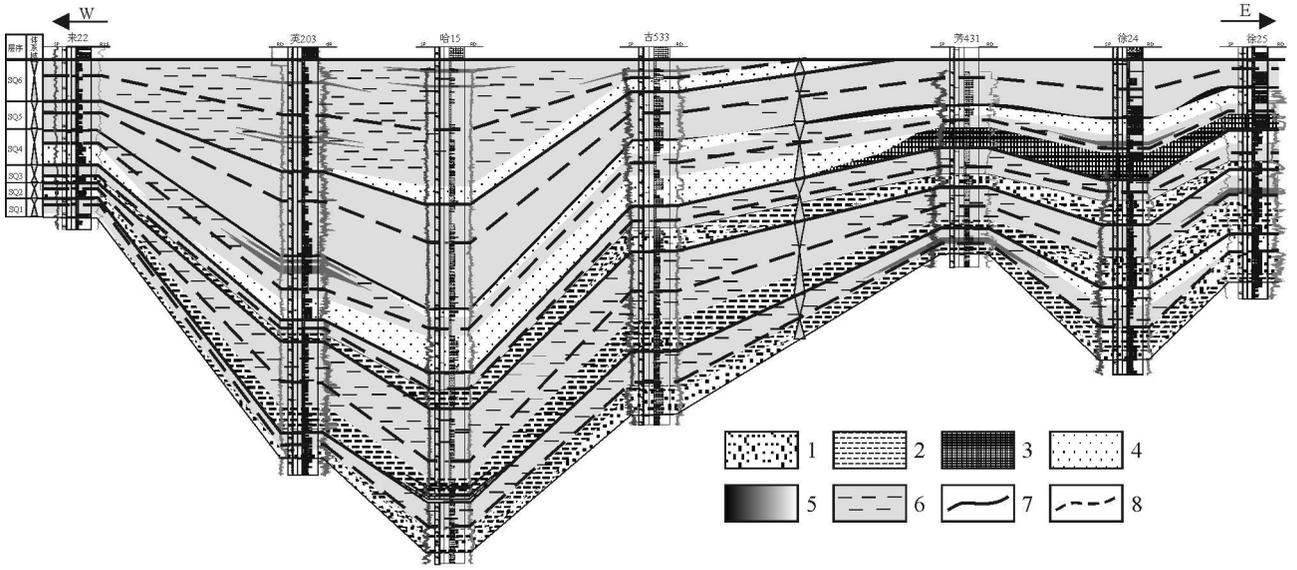


图 5 松辽盆地北部浅层沉积剖面图

1. 河流相河床; 2 河流相泛滥平原; 3. 三角洲平原; 4 三角洲前缘; 5 滨浅湖滩坝; 6 滨浅湖; 7 三级层序边界; 8 最大湖泛面

Fig 5 Cross section through the shallow strata in northern Songliao Basin

1= river bed of the fluvial facies; 2= flood plain of the fluvial facies; 3= delta plain; 4= delta front; 5= littoral shallow lacustrine beach bar; 6= littoral shallow lake; 7= third-order sequence boundary; 8= maximum flooding surface

组	体系域	GR		深度/m	岩心剖面	RD		岩心照片	岩心描述	粒度特征	渗透率		孔隙度		沉积微相
		50	150			0	20				0	4000	0	50	
四方台组	SQ1 湖侵体系域	-30	-10	488						 深度: 488.4m 粒径/μm				决口扇	
				490					491.48-491.56	油浸粉细砂岩				天然堤	
				492							 深度: 492.2m 粒径/μm			边滩	
				494										河床滞留	
				496										边滩	
				498										天然堤	
				500									深口扇		

图 6 英 411 井岩心沉积相及储层评价图

Fig 6 Distribution of sedimentary facies and evaluation of the reservoir rocks from the Y411 well

盖层埋深超过 400m 才具备封盖能力^[12]。考虑到松辽盆地在明水组末期、依安组末期均发生过区域性构造运动, 沉积地层遭受大面积剥蚀, 本文利用地震数据, 采用地层趋势法恢复了各层序中最大湖侵面上下泥岩段剥蚀前的埋深, 将剥蚀前埋深大于 400m 的范围和现今埋深大于 400m 的范围叠加, 即为有效

盖层的最大分布范围。

SQ1 沉积时期, 泛滥平原及氧化浅湖沉积的泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩互层, 岩性的非均质性较强, 埋深基本都大于 400m, 在许多地区连续分布, 但厚度变化较大, 仅在局部起到封盖作用, 盖层质量较差。SQ2 湖泛期间主要沉积红褐色、绿色的泥岩

在齐家古龙凹陷、龙虎大安阶地、长垣南部和三肇凹陷等地区。SQ1-SQ3中发育的稳定湖泛泥岩段则是较有利的盖层,其中SQ1中的泥岩只能在局部起封盖作用,而SQ2、SQ3中的厚层泥岩可作为有效的区域盖层。另外,SQ4、SQ5中的泥岩虽不能作为有效盖层,但全区分布稳定,可作为下伏盖层的有益补充。浅层的储盖组合条件配合下伏的葡萄花和黑帝庙等油层、连通油源、储层的断裂疏导体系、有效的圈闭及油气运聚保存的空间配置关系,可构成良好的成藏组合。

参考文献:

- [1] 李春光. 试论松辽盆地深层油气藏分布与形成[J]. 油气地质与采收率, 2004, 11(3): 31-34
- [2] 康竹林. 中国深层天然气勘探前景[J]. 天然气工业, 2000, 20(5): 1-5.
- [3] 韩殿杰, 孙新波. 松辽盆地下白垩统层序地层格架及油气勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(4): 384-389.
- [4] 刘招君, 王东坡, 刘立, 等. 松辽盆地白垩纪沉积特征[J]. 地质学报, 1992, 66(4): 327-338.
- [5] 尹殿奎. 松辽盆地白垩纪地层特征[J]. 吉林地质, 2004, 23(3): 1-5
- [6] 刘招君, 董清水, 王嗣敏, 等. 陆相层序地层学导论与应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002
- [7] 魏魁生, 徐怀大, 叶淑芬. 松辽盆地白垩系高分辨率层序地层格架[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(1): 7-14
- [8] 林春明, 冯志强, 张顺, 等. 松辽盆地北部白垩纪超层序特征[J]. 古地理学报, 2007, 9(6): 619-634.
- [9] 李树青, 王英民, 李志军. 松辽盆地北部浅层层序地层划分与油气特征[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(S): 12-15
- [10] 付广, 许凤鸣. 盖层厚度对封闭能力控制作用分析[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(3): 186-190.
- [11] 付广, 张发强, 吕延防. 厚度在泥岩盖层封盖油气中的作用[J]. 天然气地球科学, 1998, 9(6): 20-25
- [12] 萧德铭, 叶勇军. 天然气盖层综合评价技术及应用[A]. 大庆油田勘探开发研究论文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1995, 32-47

Reservoir seal associations in the shallow sequence stratigraphic framework in northern Songliao Basin

WANG Gaiyun, WANG Yingmin, HAN Jianhui, ZHANG Lei, LIAO Feiyan

(College of Resources and Information, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: In the light of seismic data and well logs, the present paper deals with the construction of the sequence stratigraphic framework in the shallow strata, analysis of the sedimentary facies in individual systems tracts and development of the reservoir rocks and seal rocks and their disposition in northern Songliao Basin. The reservoir rocks consist of fluvial sandstones in the transgressive systems tract and deltaic sandstones and littoral and shallow lake beach-bar sandstones in the regressive systems tract in the Sifangtai Formation in the Qijia-Gulong depression, Longhu-Da'an terraces, southern Changyuan and Sanzhao depression. The seal rocks are composed of mudstones above or below the maximum flooding surface in individual sequences. The mudstones in the lower sequences of the Sifangtai Formation are only regional seal rocks, while those in the middle and upper parts of it and those in the sequences of the first member of the Mingshui Formation are considered as relatively favourable seal rocks.

Key words: northern Songliao Basin, sequence stratigraphy, reservoir rock, seal rock