

松辽盆地长岭凹陷隐蔽油气藏勘探研究

李群

(石油大学盆地与油藏研究中心,北京 102249)

摘要:应用层序地层学理论,通过确立各级层序划分标准,建立了长岭凹陷层序格架,共划分出8个超层序(二级层序)、35个三级层序,并确定 T_1, T_2 为最大水泛面(密集段), $T_3, T_4, T_4^1, T_4^2, T_g$ 为超层序界面。对5个时期的沉积体系进行研究,指明了沉积体形成机制和时空展布特征,并研究储集体分布特征和含油性。通过层序格架内油气分布规律研究,发现长岭凹陷油层主要分布在低位体系域。根据试油结果统计油层在低位体系域达48.2%,在水进体系域为26.8%,在高位体系域为25.0%。从勘探实用角度出发,以砂体成因为主线,结合形态分析,将工作中见到的岩性圈闭和复合圈闭分为4类:河道砂体、前积朵叶砂体、断层—岩性、构造—岩性。总结出一套隐蔽油气藏勘探工作方法和流程。最后,对松辽盆地长岭凹陷隐蔽油气藏分布进行了预测,并提出勘探部署意见。

关键词:松辽盆地;层序地层学;低位体系域;隐蔽油气藏。

中图分类号: P618.130.2 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2002)06-0770-05

作者简介:李群(1962—),男,2001年博士毕业于中国地质大学(北京),现为石油大学(北京)盆地中心博士后,长期从事层序地层学和隐蔽油气藏勘探研究。

长岭凹陷位于松辽盆地中央拗陷区南部,面积约6500 km²,其内的大情字井地区发现亿t油气储量,由此揭开该区勘探热潮。该区以岩性类型的隐蔽油气藏为主^[1],砂层薄,且孔隙度、渗透率较低,控制因素较复杂,直接影响油气的勘探和开发,故开展了该项科学研究。

1 层序地层格架建立

隐蔽油气藏勘探需以先进的石油地质理论——层序地层学为指导。首先要确立各级层序单元的划分标准,从而建立研究区的层序地层格架^[2~4]。从钻/测井资料,即砂层厚度、砂泥比、岩石粒度变化及测井曲线幅值大小,可以识别准层序界面和内部特征,由此划分出向上变粗准层序和向上变细准层序;以岩性、测井曲线及沉积速率/新增空间速率比值为标准,可划分出前积准层序组、退积准层序组和加积准层序组3种类型;层序界面的划分比较复杂,不仅要考虑岩性、电性特征,还要综合地震反射特征、露头及区域地质特征,主要识别出不整合界面(层序界

面)和与之相对应的整合面。然后,总结超层序、体系域和密集段等层序单元的识别特征。

据此,在长岭凹陷共识别出8个超层序、35个层序,它们与地层分层、地震反射等的对应关系见图1。可看出超层序多与区域性的构造运动相对应。如 $T_{03}, T_3, T_4, T_4^1, T_4^2, T_g$ 为超层序界面。而 T_1, T_2 为最大水泛面,与密集段相对应。三级层序多应用钻/测井资料划分,并将层序内的体系域与储油单元相匹配,难以和地震反射轴一一对应。

2 沉积体系展布特征

对长岭凹陷沉积体系研究是以地震资料分析为基础,并综合地质、测井等资料,主要开展了沉积背景分析、沉积体的识别和水流体系的建立。其中,沉积体的识别包括:(1)特殊地质体反射结构识别。识别特殊地震反射结构是勾绘沉积体系的关键。常见的与沉积体系有关的特殊结构有3种:前积结构、沉积背斜和楔状反射。它们反映了沉积体不同方向的剖面的地震特点。沉积体系的形成是沉积物在侧向上向着盆地方向不断进积,在垂向上不断向上加积

地层			地层剖面	时代	t/Ma	超层序	层序	地震波组	
系	统	组 段							
白垩系	上统	明水组	明二段	马阿斯特里赫特阶	65.0	超层序8	35	T ₀₃	
			明一段				34		
		四方台组	33						
			32						
			31						
			30						
	中统	嫩江组	嫩五段	坎潘阶	73.0	超层序7	29		
			嫩四段				28		
			嫩三段				27		
			嫩二段				26		
			嫩一段				25		
			姚家组				24		
		青山口组	姚二+三段	三冬阶—康尼克阶	88.5	超层序6	23		
			姚一段				22		
			青二+三段				21		
			青一段				20		
			泉四段				19		
			泉三段				18		
下统	泉头组	泉二段	阿尔必阶	103	超层序5	17			
		泉一段				16			
		登娄库组				阿尔普特阶	116	超层序4	15
		登四段							14
		登三段							13
		登二段							12
	登一段	11							
	营城组	10							
	沙河子组	戈特列夫阶	巴列姆阶	125	超层序3	9			
		凡兰今阶—别里阿斯阶				8			
		提唐阶—基末利阶				7			
		基底				6			
侏罗系	上统	火石岭组	提唐阶—基末利阶	144	超层序1	5			
						1			

图 1 长岭凹陷层序地层格架

Fig. 1 Framework of sequence stratigraphy in Changling sag

的过程。沉积体往往是扇形的, 表现为明显高于周围地形的丘状体。因而, 在横剖面上, 沉积体表现为背斜形或丘形; 在纵剖面上, 表现为楔状外形和前积状内部结构。(2) 特殊结构的组合特点与分布规律分析。各种特殊反射结构有着比较确切的地质含义, 我们将这些结构在平面上组合起来, 确定出它们的形态和分布范围, 它们就代表了一定的沉积体系。分析特殊结构与周围地震相的结合关系, 它们所处的区域沉积环境背景, 并结合钻井和测井资料, 就可推断出这些沉积体系的性质。

在上述理论指导下, 对 5 个时期(超层序 1~3, 4, 5, 超层序 6 的低位域和超层序 6 的高位域) 沉积体系进行研究, 指明了沉积体形成机制和时空展布特征。尤其勘探目的层的超层序 6 的高位域(相当于

青山口组) 的沉积体系分析, 对油气有利地区预测有重要意义。

超层序 6 的高位体系域(相当于青山口组) 沉积体系特征: 超层序 6 的高位体系域是介于 T₁ 和 T₂ 反射同相轴之间的地层, 是在青山口组一段大规模湖(海) 侵基础上发展起来的。此时整个盆地沉降趋于平稳, 沉降速度小于碎屑物供应速度, 形成一套前积型的沉积序列。但在其发展过程中基准面发生多次上升和下降, 使得河湖沉积相互穿插。青山口组早期, 松辽盆地湖泛面积最大, 达 $6.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。保康物源规模较大, 曲流河携带大量碎屑物长驱直入, 在长岭等地区形成大规模的三角洲前缘砂体; 青山口组中期, 西南物源由保康转向西部的通榆方向; 青山口组晚期又转向乾安方向, 形成前人所说的乾安

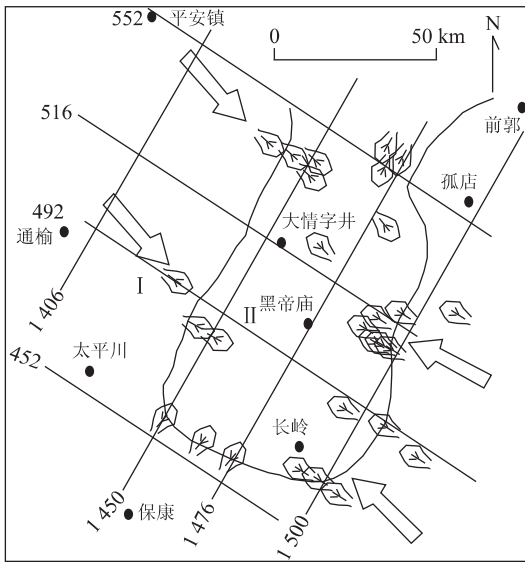


图 2 超层序 6 的高位体系域沉积体系

Fig. 2 Sedimentary system of highstand systems tract of supersequence 6

油田青三段(高台子油层)的 12 个砂组的大型前积砂体(图 2)。

东南部怀德—长春物源也比较发育,分别在长岭、双坨子和大老爷府呈指状插入湖盆之中,主要为近源的(扇)三角洲前缘砂体。该砂体与湖相泥岩直接接触,具备油气运聚的有利条件。同时在乾安北部也发育了沉积朵叶砂体(图 2)。

青山口组末期,盆地边缘地区抬升至侵蚀基准面之上,遭受剥蚀,使青山口组顶部地层缺失,形成了超层序界面。此时,湖盆沉积中心向北移到大安、古龙凹陷一带。

3 隐蔽圈闭类型和识别标志

本文从勘探实用角度出发,以砂体成因为主线,结合形态分析,将工作中见到的岩性圈闭和复合圈闭分为 4 类:河道砂体、前积朵叶砂体、断层—岩性、构造—岩性(图 3)。

(1)河道砂体。河道砂体是泛滥平原和三角洲分流平原上发育的主要砂体,可构成储集层的有河道点砂坝和河岸天然堤。由于不同地区、不同层位的河道发育的构造背景和发育阶段不同,河道的形态、宽度和深度也不相同,因而,它们在地震剖面上的表现特征是不一样的。常见的河道砂体有下切充填状、透镜状和丘状。下切河道常为曲流河道,一般规模大、

圈闭类型		形态或组合特点		
岩性圈闭	河道砂体			
	前积朵叶砂体			
复合圈闭	断层—岩性			
	构造—岩性			

图 3 隐蔽圈闭类型

Fig. 3 Subtle trap types

形状明显,在地震剖面上可以直接识别出来,在研究区主要发育于来自保康和怀德的物源体系中。透镜状砂体多为三角洲分流河道和水下河道砂体,主要发育于长岭凹陷和乾安凹陷河流入湖附近。(2)前积朵叶砂体。在三角洲沉积体系中,砂岩主要发育于分流河道和三角洲前缘相区。前缘沉积砂体在地震剖面上可表现为前积状、尖灭状和透镜状。其中,前积反射特征是前缘砂体的主要标志。砂体一般发育于前积层上端,靠近顶积层的部位。前积反射层也是在三角洲沉积体系内寻找其他成因砂体的主要线索。在前积层序中,前积层末端往往可发育上倾尖灭状砂体,这类砂体与前面的湖相泥岩呈指状交互,可构成有利的油气圈闭。在双坨子和大老爷以西地区的青山口组,三角洲前缘砂体主要表现为前积状,前积层厚度不大,顶积层不发育。在乾安地区,表现为尖灭状反射,在前积层的上倾部位和尖灭层的端部可形成砂岩上倾尖灭油气藏。这在乾安油田一些出油井已被证实。(3)断层—岩性圈闭。这类圈闭的特征是油气分布受断层和岩性的复合控制,其中以岩性作用为主,断层起配合作用。如长岭凹陷大情字井地区的泉头组四段的断裂系统与沉积砂体之间的配置关系复杂,早期发育的断裂系统控制着沉积作用砂体分布,诱导砂岩发育于地堑之间,从而形成断层岩性复合圈闭。(4)构造—岩性圈闭。呈条带状、断续条带状或透镜状分布的砂体,受到后期构造作用的改造,形成构造岩性复合圈闭。在乾安地区、孤店地区都发育构造岩性圈闭。

上述 4 种类型的隐蔽圈闭主要依据地震剖面结构标志和地震正演模型标志来识别。(1)预测河道砂

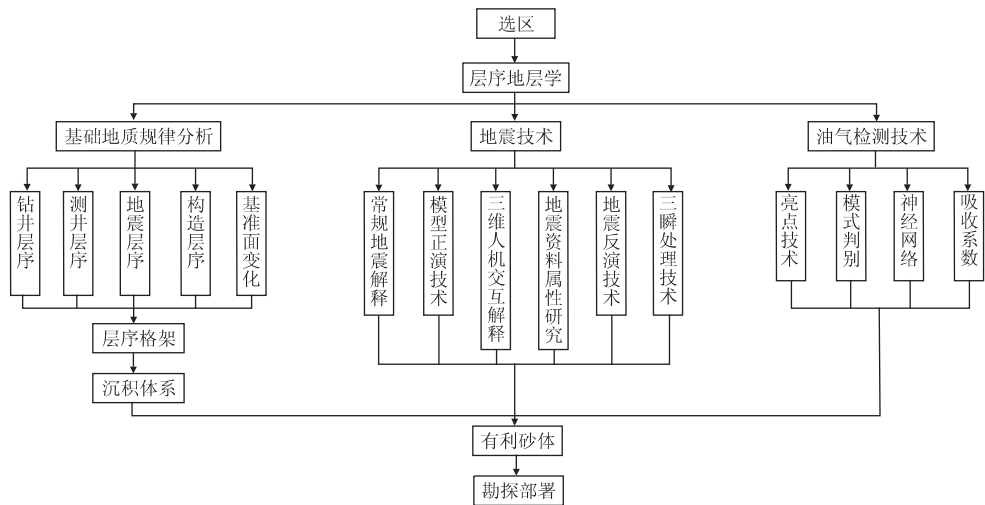


图 4 隐蔽油气藏勘探工作流程

Fig. 4 Work flow of subtle trap exploration

体的标志包括:对称型的类似小断堑的地震反射,它是下切水道的反映;外形呈弧形下凹的河道反射;还有局部振幅增强、丘形体、透镜体、局部同相轴增多等异常反射。(2)预测前积杂叶砂体的标志包括:沿扇体倾向方向呈向下倾的前积尖灭终止反射,沿走向方向为双向下超的丘状反射;还有一类前积体特点是前积层角度平缓,向着盆地方向逐渐成为近于水平的平行结构,向着物源方向,形成顶超或尖灭。这种结构主要出现在乾安等地区。

通过应用钻/测井、地震等资料对研究区的基本地质条件、层序和沉积体系等方面的研究,归纳和总结出地层岩性类隐蔽油气藏勘探工作流程(图 4),从中可看出:(1)基本地质规律是勘探工作的基础。把最基本的油气成藏条件研究清楚,才能有正确的勘探部署方案。(2)地震技术的应用,能获得大量的石油地质信息,可实现单纯用钻井资料难以解决的问题。(3)油气检测技术。油气检测技术是油气勘探最关键和最直接的研究手段,能指明油气赋存的部位和规模。该技术主要有亮点技术、模式识别技术、神经网络和吸收系数等技术和手段。其中吸收系数是直接检测油气的有效手段。

4 有利油气区带预测

4.1 层序格架内油气的分布规律

层序地层学研究实践表明,油气在层序格架中的分布是有一定规律的。这是因为形成油气藏的生、储、盖等各要素在层序格架中是有一定分布规律的。

对于储集层来讲,虽然层序的 3 个体系域中均发育有利储集层的条件,但它们在形成有利油气藏中的作用和地位却大相径庭。统计表明,全世界 86% 的油气储存于低水位体系域中,有大约 12% 的油气储存于水进体系域中,而只有 2% 的油气储存于高水位体系域中。这表明低水位体系域在油气勘探中具有特殊重要的意义。

通过对中央拗陷区的主要试油层段(112 个数据点)进行了层序分析,结果表明有 48.2% 的油气储存于低水位体系域中,有 26.8% 的油气储存于水进体系域中,而有 25.0% 的油气储存于高水位体系域中。低水位体系域仍占有重要位置并具有广阔的勘探前景。

4.2 有利油气区带预测

根据上述生油密集段(生油岩)和沉积体系(储集岩)等方面的分析,预测了油气勘探有利区带和较有利区带。(1)大情字井地区。大情字井地区位于长岭深凹陷的中部,油气资源充足。泉头组晚期受西南保康和东南部怀德水系交汇的共同作用,河道砂体特别发育,青一、二段沉积时期,保康水系的河流三角洲前缘的分流河道的河口坝、席状砂等很发育,物性条件好,砂体受差异压实、构造和断层等影响,可形成大情字井地区高台子油层最有利的构造岩性、断层岩性和岩性等圈闭类型,并以岩性圈闭为主。该区为有利油气圈闭带(图 4)。(2)东南物源区。泉头组末期,东南怀德—长春物源特别发育,坡度陡,能量强于来自保康物源的源远流长的河流,砂体发育。青山口组沉积期,来自东南方向的物源呈指状从双

坨子、大老爷府等处汇入湖盆,在构造高点的双坨子、大老爷府都已聚集成藏,而插入湖盆之间的扇三角洲砂体优先捕捉油气,更易富集成藏.该区的河道砂体和三角洲前缘朵叶状砂体是岩性油气藏勘探的有利地区.(3)乾安—孤店地区.乾安—孤店地区位于三角洲的前缘相区,部分与有利的河道砂体分布区重叠.该区砂岩含量较高,地震剖面上前积三角洲特征明显.低角度前积三角洲的前缘砂体常常是很好的储集层,呈席状分布.这些砂层在向湖方向上逐渐变为较细的前三角洲和湖相沉积物,与生油岩侧向相邻.该区为岩性油气藏勘探较有利地区.

参考文献:

- [1] 王永春. 松辽盆地南部岩性油藏的形成和分布[M]. 北京:石油工业出版社,2001.
WANG Y C. Formation and distribution of lithology reservoir in south Songliao basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001.

- [2] 徐怀大,赵政章,樊太亮,等. 从地震地层学到层序地层学[M]. 北京:石油工业出版社,1997.
XU H D, ZHAO Z Z, FAN T L, et al. From seismic stratigraphy to sequence stratigraphy [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997.
- [3] 顾家裕. 陆相盆地层序地层学格架概念及模式[J]. 石油勘探与开发,1995, 22(4): 6—10.
GU J Y. Mode and conception of sequence stratigraphy in Songliao basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 1995, 22(4): 6—10.
- [4] 魏魁生,崔早云,叶淑芬,等. 琼东南盆地高精度层序地层学研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2001, 26(1): 59—66.
WEI K S, CUI H Y, YE S F, et al. High-precision sequence stratigraphy in Qiongdongnan basin [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2001, 26(1): 59—66.

Study of Subtle Oil/Gas Reservoirs Exploration in Changling Sag of Songliao Basin

LI Qun

(Basin & Reservoir Research Center, University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: By using the theory of sequence stratigraphy, this paper establishes a standard for sequence classification and sequence framework in Changling sag, Songliao basin. Accordingly, we distinguish eight supersequences (second-order sequence) and thirty-five third-order sequences. T_1 and T_2 were recognized to be mfs (condensed section), and T_3 , T_4 , T_4^1 , T_4^2 and T_g to be supersequence bounding surfaces. The study of the sedimentary systems formed in these five periods revealed the formation mechanism and spatial distribution of sedimentary bodies. Meanwhile, we also studied the distribution and oil-bearing characteristics of sedimentary reservoirs. On the basis of the study of oil/gas distribution in the sequence framework, we found that oil-/gas-bearing beds are mainly distributed in lowstand systems tract. The statistical study of well testing results shows that 48.2% of oil beds are in lowstand systems tract, 26.8% in transgressive systems tract (TST) and 25.0% in highstand systems tract. For the exploration purpose, the encountered lithologic traps and polygenesis traps are divided into four types: river course stone, frontal sedimentary leafy sand body, fault-lithology and structure-lithology sand body. Hence, this paper draws up the method for subtle reservoir exploration and finally makes the prediction of the subtle oil/gas reservoirs and the suggestions for the exploration plan in Changling sag.

Key words: Songliao basin; sequence stratigraphy; lowstand systems tract; subtle trap.