

长岭凹陷层序地层分析

魏志平¹, 唐振兴², 江涛¹, 姜呈馥², 王安辉¹

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国石油吉林油田分公司勘探开发研究院, 吉林松源 138001)

摘要: 根据较大的区域不整合, 长岭凹陷可以划分为泉头组-青山口组和姚家组-嫩江组两个二级层序。以局部不整合、沉积转换面为标志, 青山口组可划分出 4 个三级层序。位于保康三角洲砂体前缘带的大情字井地区, 在层序 S1 和 S2 低位体系域中砂岩分布广泛, 为该区的主要含油层段。层序地层不仅控制油气藏的类型, 而且还控制含油性。据统计, 60% 的工业油气井位于低位体系域。

关键词: 层序地层; 划分; 油气藏; 长岭凹陷

第一作者简介: 魏志平, 男, 38 岁, 高级工程师(博士生), 油气地质与勘探

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

长岭凹陷位于松辽盆地南部中央坳陷区, 西为大安-红岗阶地, 西南分别为西部斜坡区和西南隆起区, 东为扶新隆起带和华字井阶地, 北以颈部与齐家-古龙及三肇凹陷相连, 面积 6 670 km², 为松辽盆地南部的一个负向构造单元。白垩系沉积时期, 由于松辽盆地沉降中心自北向南的迁移以及物源供给条件的变化, 长岭凹陷的构造-沉积演化及其所控制的生储盖组合关系表现出差异性, 导致主要含油气层系分布发生变化。

1 二级层序

松辽盆地在三叠到中侏罗世的区域性隆起之后, 晚侏罗世进入大规模的裂陷阶段, 形成了晚侏罗-早白垩世断陷盆地群。早白垩世泉头组至晚白垩世嫩江组沉积时期, 盆地整体沉降进入统一的大型坳陷发展阶段。晚白垩世四方台组沉积以后, 受区域性挤压抬升应力场控制, 湖盆逐步萎缩消亡。

坳陷阶段的泉头组至嫩江组沉积时期是松辽盆地主要成湖期, 根据区域较大的不整合可以将该套地层划分为两个二级层序, 即下部泉头组-青山口组层序和上部姚家组-嫩江组层序(图 1)。

1.1 泉头组-青山口组层序

泉头组为坳陷初期的低位域沉积, 以发育大面积河流相和三角洲沉积体系为特征, 湖盆水体较浅, 水域范围局限。其中泉头组三段和四段的河道砂岩为松辽盆地南部主力油层——扶杨油层的主

要储油砂体, 地层厚度 100~120 m。青山口组一段为水进体系域沉积。由于湖盆范围急剧扩张、水体迅速变深, 发育大面积深湖相暗色泥岩, 成为松辽盆地主力生油层。长岭凹陷受西南保康水系影响, 形成一定规模河流-三角洲体系, 以灰黑色泥岩、油页岩与灰白色粉砂岩不等厚互层为特征, 地层厚度 100~120 m。青山口组二段和三段为高位体系域, 湖盆范围逐步缩小, 水体变浅。青山口组二段沉积时期, 为深湖-半深湖沉积, 青山口组三段沉积时期演化为滨浅湖环境。青山口组二段沉积时期沉积体系、沉积环境与一段类似, 但湖相泥岩分布范围相对较小, 砂体分布范围稍有扩大。岩性组合为灰、灰绿、暗紫红色泥岩与浅灰色粉砂岩不等厚互层。青山口组三段沉积时期湖盆水体退缩更加明显, 长岭凹陷仍主要发育西南保康三角洲体系; 西部通榆三角洲砂体自海坨子向长岭凹陷推进。岩性组合由棕红色泥岩夹浅灰色粉砂岩、钙质粉砂岩组成不等厚互层, 地层厚度 300~420 m。

1.2 姚家组-嫩江组层序

姚家组一段为低位体系域沉积, 湖盆水体较浅。盆地南部陆源碎屑物质供给不足, 发育大面积滨湖相泥岩。岩性组合为棕红色泥岩夹灰绿色粉砂质泥岩, 地层厚度为 45~60 m。姚家组二段至嫩江组一段为水进体系域沉积, 湖盆面积又一次逐渐扩大, 水体深度增加。姚家组二、三段为水进初期沉积, 在长岭凹陷保康三角洲沉积体系不发育; 岩性组合主要由灰绿、紫红泥岩组成。嫩江组一段为水进晚期沉积, 湖盆范围急剧扩张, 三角洲砂体局限在松辽盆地北部, 南部为大面积厚层深湖-半深

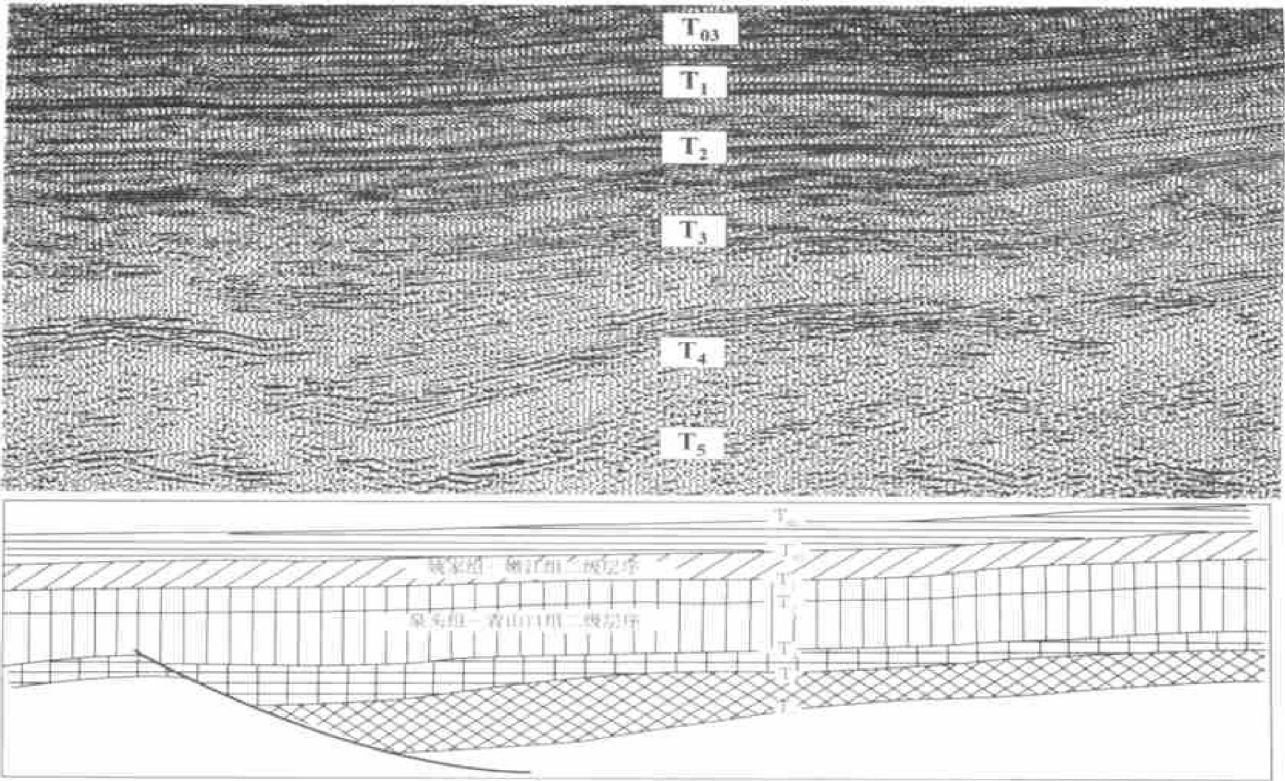


图 1 长岭凹陷层序地层格架

Fig. 1 Sequence stratigraphic framework of Changling depression

湖相黑色泥页岩、油页岩, 地层厚度 120~ 140 m 左右。嫩江组二段- 五段沉积时期, 湖盆再次萎缩直至消失, 组成上部层序的高位体系域。该时期凹陷周围缺乏陆源水系输入粗碎屑物质, 沉积物粒度普遍较细, 以大面积湖相泥岩沉积为主。

2 三级层序

以局部不整合、沉积转换面为标志, 将青山口组划分 4 个三级层序, 自下而上命名为 S1, S2, S3, S4(图 2) 。

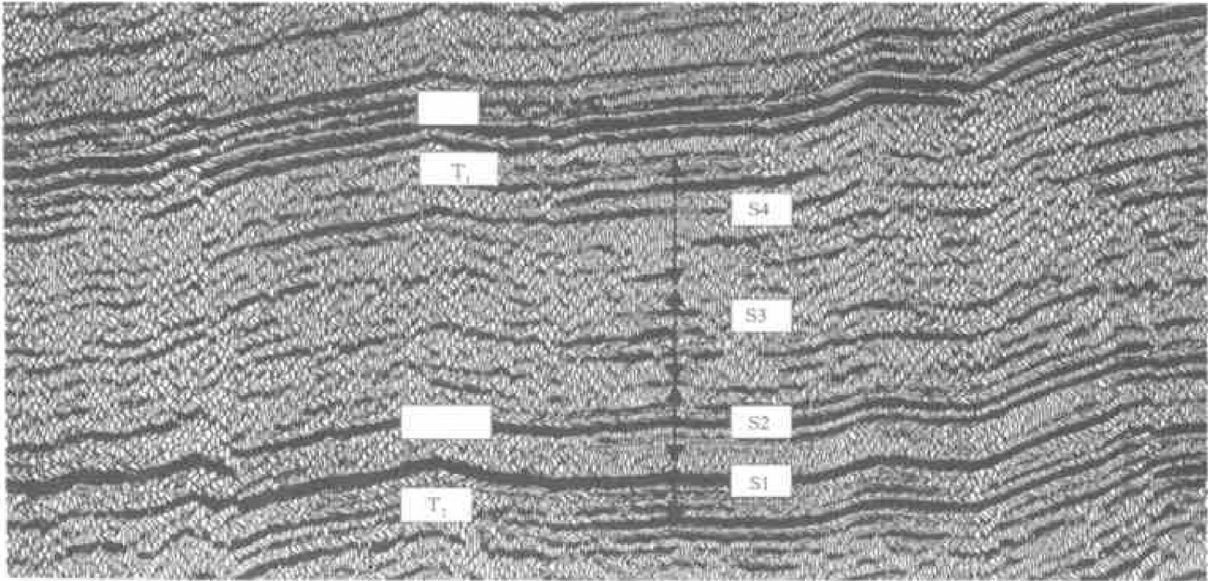


图 2 长岭凹陷 tr950 地震剖面

Fig. 2 Tr 950 seismic profile of Changling depression

2.1 S1 层序

对应的层位是青山口组一段和二段下部。层

序底界为局部不整合面, 在地震剖面上局部可见到其对下覆泉头组四段的削截现象, 为全区可以对比

追踪的强反射轴。顶界面为湖相泥岩与前缘砂体的沉积作用转换面。低位体系域主要发育河口坝-水下分支河道砂和席状砂沉积,黑46井为前缘相河口坝粉砂岩。水进体系域主要发育席状砂沉积和湖相泥岩,顶部为稳定分布的深湖相暗色泥岩密集段。低位体系域和水进体系域沉积厚度较薄,在地震剖面上难以区分,二者总体表现为中振幅、中连续、亚平行反射特征。近物源部分振幅较强、连续性变差,向湖心方向减弱。高位体系域以深湖-半深湖相泥岩、泥质粉砂岩沉积为主。在地震剖面上高位体系域表现为强振幅、强连续、平行反射特征。

2.2 S2层序

相当于青山口组二段的中上部。顶界面为三角洲前缘砂体,底界面为湖相泥岩,局部表现为下超特征,凹陷内部主要为沉积转换面。低位体系域主要发育河口坝-水下分支河道和席状砂沉积,黑46井钻遇前缘相河口坝粉砂岩(图3)。在地震剖面上一般表现为中弱振幅、中连续、亚平行反射结构,向湖心方向地震反射连续性增强。水进体系域发育滨浅湖相席状砂和黑色泥岩,顶部为深湖相暗色泥岩密集段。高位体系域为河口坝粉砂岩与滨浅湖相泥岩、粉砂岩互层。水进体系域和低位体系域沉积厚度较薄,在地震剖面上表现为强振幅、强连续、平行反射结构,全区可对比追踪。

2.3 S3层序

相当于青山口组三段下部。顶界面为滨浅湖相泥岩,底界面为三角洲前缘砂体,整体为泥岩与前缘砂体的沉积作用转换面。低位体系域主要发育水下分支河道、河口坝粉砂岩和席状砂沉积,厚度较小,主要分布在乾安地区,黑62和51井区没有钻遇该体系域,地震剖面上表现为中弱振幅、不连续反射特征。水进体系域主要沉积远砂坝和席状砂,其顶部为稳定的滨浅湖相泥岩密集段。高位体系域厚度较大,主要沉积滨浅湖相泥岩及三角洲前缘河口坝粉砂岩。水进体系域、高位体系域地震剖面上表现为中强振幅、弱连续反射特征。

2.4 S4层序

大致相当于青山口组三段中上部。顶界面为滨浅湖相河道砂体,底界面湖相泥岩,整体为湖相与前缘砂体的沉积作用转换面。低位体系域主要为水下分支河道和席状砂沉积;水进体系域为滨浅湖相席状砂、泥岩沉积,顶部为稳定的湖相泥岩密集段;在地震剖面上表现为中强振幅、中连续、亚平行反

射,在北部地区的连续性更好。高位体系域分布广泛、厚度较大,主要沉积席状砂粉砂岩和滨浅湖相泥岩;高位体系域全区地震反射特征比较一致,主要表现为中弱振幅、不连续、丘形反射特点。

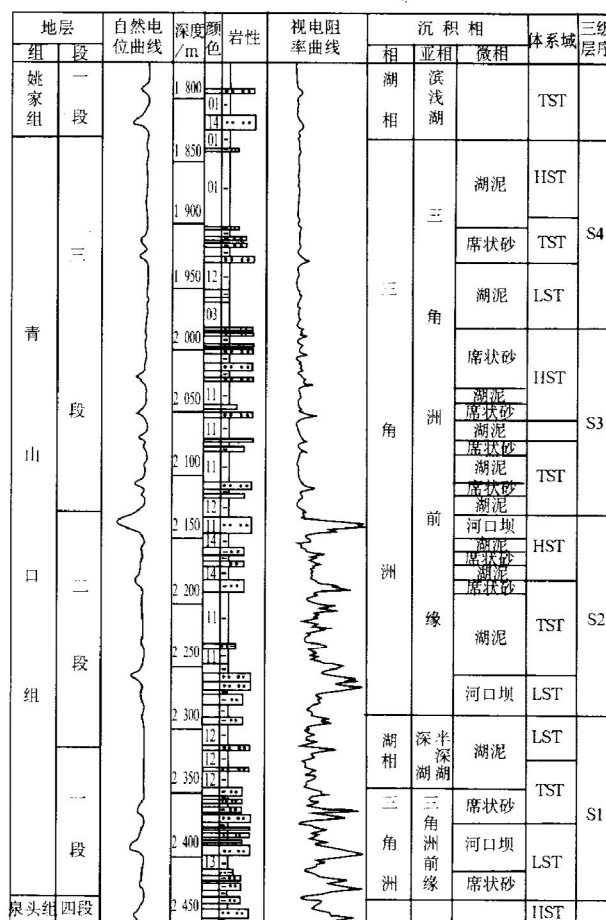


图3 黑46井层序地层综合分析柱状图

Fig. 3 Comprehensive analysis column for sequence stratigraphy in He No. 46 well

3 层序地层与油气藏

3.1 生储盖组合

长岭凹陷是松辽盆地南部最重要的生油凹陷,发育青山口组中下部和嫩江组一、二段两套生油层,油气资源丰富。其中青山口组层序S1和S2的深湖-半深湖相泥岩累积厚度120~260 m,分布面积达1 700~2 200 km²。湖相泥岩有机质丰度高、类型好,主要为I-II型,埋藏深度适中,有机质处于成熟生烃高峰阶段,是长岭凹陷的第一主力生油岩。

在长岭凹陷青山口组S1~S4层序中主要发育保康三角洲砂体,其分布范围大,继承性强。三角洲砂体由西南向东北方向进入长岭凹陷区,与湖相生油岩呈指状交互,有利于优先捕获油气而形成油气藏。位于保康三角洲砂体前缘带的大情字井地

区,在层序 S1 和 S2 低位体系域中砂岩分布较广泛,成为该地区主要含油层段。

多套层序发育有利于形成多种成藏组合类型。青山口组中下部和嫩江组一段深湖相暗色泥页岩,不仅是主要生油岩,也是盆地分布最稳定的区域盖层。此外,各三级层序内部也发育湖侵泥岩盖层,有利于纵向上形成多级别的生储盖组合。青山口组层序 S1 和 S2 发育有良好的生油岩,可形成自生自储式和侧生式成藏组合。层序 S3 和 S4 以及姚家组中的油气主要来自下覆层序,形成下生上储式成藏组合。泉四段三角洲砂体发育,由上覆层序供油,可形成上生下储式成藏组合。

3.2 油气藏分布

大情字井油田由多套油层和多种类型油气藏构成,现以该油田为例分析长岭凹陷油气藏分布与层序发育的关系。

(1) 不同层序油气藏的类型不同。青山口组层序 S1 的油藏分布主要受岩性和断层控制。该层序内的储集层主要是低位体系域的三角洲前缘河口坝和水下分支河道砂体。水进体系域和高位体系域的暗色泥岩,既是生油层又是稳定的盖层。明水组沉积末期的构造运动,使三角洲砂体前端抬起,形成砂岩上翘尖灭岩性圈闭、低幅度构造圈闭、断层切割砂体形成的断层-岩性圈闭成为油气聚集的有利场所,使大情字井地区的含油范围超出构造闭合线。表现为原始沉积相变和断层分割对油气分布起更为重要的控制作用,形成岩性-断块-岩性油藏。

层序 S2 和 S3 的油藏受岩性和构造双重因素

控制。成藏条件研究表明层序 S2 和 S3 为下生上储型组合;层序内的储集岩主要为低位体系域三角洲前缘河口坝砂体,由于缺少类似于层序 S1 的地层上翘背景,含油面积受岩相和构造圈闭联合控制,形成构造-岩性油藏。

(2) 各层序的低位体系域含油性最好。据统计获工业油气流井的油层在低位体系域占 60%,水进体系域占 30%,而高位体系域只占 10%。其原因在于低位体系域储集层比较发育,有利于油气富集;低位体系域有上覆水进体系域的泥岩盖层遮挡;易形成自生自储式组合,如层序 S1 高台子油层;低位体系域三角洲前缘相砂体与深湖-半深湖泥岩呈指状交互,有利于形成岩性圈闭。

(3) 不同构造部位与砂体的配置关系不同,形成不同类型油藏。大情字井构造东斜坡主要发育砂岩上翘尖灭油藏、砂岩透镜体油藏和断层-岩性油藏;构造西斜坡主要发育断层-岩性油藏和低幅度构造油藏;中部断裂带主要为低幅度背斜构造油藏和构造-岩性油藏。

(4) 砂体不同部位形成不同类型油藏。通过对保康砂体油藏分布特点研究表明,砂地比大于 40% 以形成构造油藏为主;砂地比 40%~20% 之间砂泥岩互层区形成构造-岩性、断层-岩性复合类型油藏;砂地比小于 20% 形成砂岩上翘尖灭油藏和砂岩透镜体油藏。

(5) 青山口组各层序演化过程中,沉积水体由深变浅,三角洲砂体分布范围逐渐向湖盆中心区扩展,因而形成的地层-岩性油气区带也逐渐向湖盆中心方向推进。

ANALYSIS OF SEQUENCE STRATIGRAPHY IN CHANGLING DEPRESSION

Wei Zhiping¹ Tang Zhenxing² Jiang Tao¹ Jiang Chengfu² Wang Anhui¹

(1. China university of Geosciences, Beijing;

2. Exploration and Development Institute of Jilin Oil Field, Petro China)

Abstract: On the basis of the larger regional unconformity, Changling depression can be divided into 2 second-order sequences of Quantou Formation-Qingshankou Formation and Yaojia Formation-Nenjiang Formation. Marked by the local unconformity and sedimentary transformation base, Qingshankou Formation can be subdivided into 4 third-order sequences. In Daqingzijin region situated in front of the deltaic sandstone body of Baokang, sandstone bodies are widely spread in sequence S1 and S2 of lowstand system tracts which are main oil-bearing strata in that region. Sequence stratigraphy does not only control the type of oil and gas accumulation but also control the nature of oil bearing. 60% of industrial oil and gas wells are estimated to locate in the low level system tracts.

Key words: sequence stratigraphy; dividing; reservoirs; Changling depression