

松辽盆地南部上侏罗—下白垩统层序 地层特征及油气勘探意义

杨长清

(地矿部石油地质综合大队, 湖北荆沙 434100)

笔者应用层序地层学的基本概念和研究方法初步解释了松辽盆地南部上侏罗—下白垩统的层序,——4个层序可从地震剖面和钻井资料中解释,每个层序又可进一步划分出3种体系域。体系域的沉积和岩相的分布明显受构造沉降为主、水面升降为辅的双重控制。同时建立了两种层序地层格架,指出具有十屋断陷型地层格架的断陷盆地生储盖配置良好,有较好的油气潜力。

关键词 体系域 层序地层格架 构造沉降 断陷盆地

作者简介 杨长清 男 29岁 工程师 石油地质

松辽盆地上侏罗—下白垩统是在天山—兴蒙海西褶皱带基础上发展起来的断陷盆地沉积。通过吉林石油普查勘探指挥所地震普、详查,松辽盆地南部主要可圈定5个构造单元,即南中央拗陷、柳条—昌图断陷、十屋断陷、德惠断陷和社里断陷(图1)。

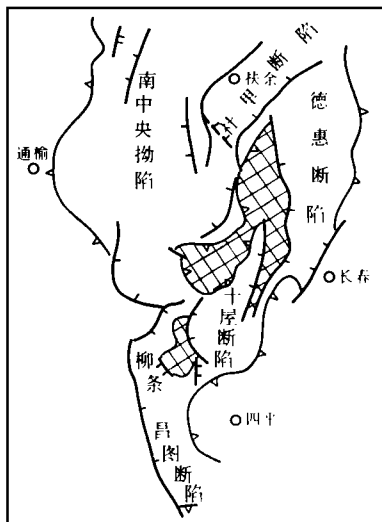


图1 松辽盆地南部构造区划图

自50年代开始勘探以来,先后发现了数个油田(如扶余油田、新立油田、小五家子油田和后五家户气田等),6个构造(扶余I号、扶余II号、农安、万金塔、昌图和伏龙泉等)获工业油气流,展示本区具有良好的油气前景。

笔者在“八五”国家重点攻关专题“松辽盆地南部盆地演化及含气领域研究”(85-102-09-01-01)中,运用层序地层学理论,初步解释了晚侏罗—早白垩统的地层层序。划分出3种体系域、5个类型不整合和4个层序。

1 层序与体系域划分

1.1 地震层序分析

层序是成因上有联系的、相对整合的地层连续体。其主要划分标志是区域不整合面或可以对比的整合面。层序地层学对不整合的定义与传统的地震地层学不尽相同,它认为“不整合面是由露出水面和露出水面剥蚀的削截为特征的明显的时间间隔所代表的一个层面^①,譬如高水位体系域与水进期体系域中的

① Jone B. Sangree, Rokert M. Sneider 著. 层序地层学, 杨贝德等译

最大洪泛下超面,低水位盆地扇体系域沉积的下超面、低水位斜坡扇体系域沉积的下超面和水进期体系域沉积时的上超面一般都不作为不整合面看待。笔者根据不整合面的概念、地震反射终止特征(上超、下超、削截和顶超)及地震反射标准层将松辽盆地南部上侏罗—下白垩统划分出4个地震层序(表1)。根据与农101井合成地震记录对比(图2a),并经其他深钻井

表1 松辽盆地南部上侏罗—下白垩统地震层序划分

| 时代 | 地层 | 终端反射特征与接触关系 | 层序界面 | 层序 | 体系域 | 构造发展阶段 | 分布范围 |
|------|------|-------------|---------|----|-------------------|--------|-----------------------|
| 上白垩世 | 泉头组 | 下超 | T_3 | | | 拗陷 | 全区 |
| 下白垩世 | 登娄库组 | 削截 边缘上超 | T_4 | D | LST | 断 | 除中央古隆起和沈洋凸起外,全区分布 |
| | 营城组 | 局部削截 上超 | T_1 | C | HST TST LST | | 除中央古隆起和沈洋凸起外,全区分布 |
| | 沙河子组 | 顶超、削截 上超 | T_1^1 | B | HST TST LST | | 德惠断陷,十屋断陷, 柳条—昌图断陷 |
| 晚侏罗世 | 火石岭组 | 上超、下超 | T_1^2 | A | TST LST | 陷 | 德惠断陷,十屋断陷, 柳条—昌图断陷 |

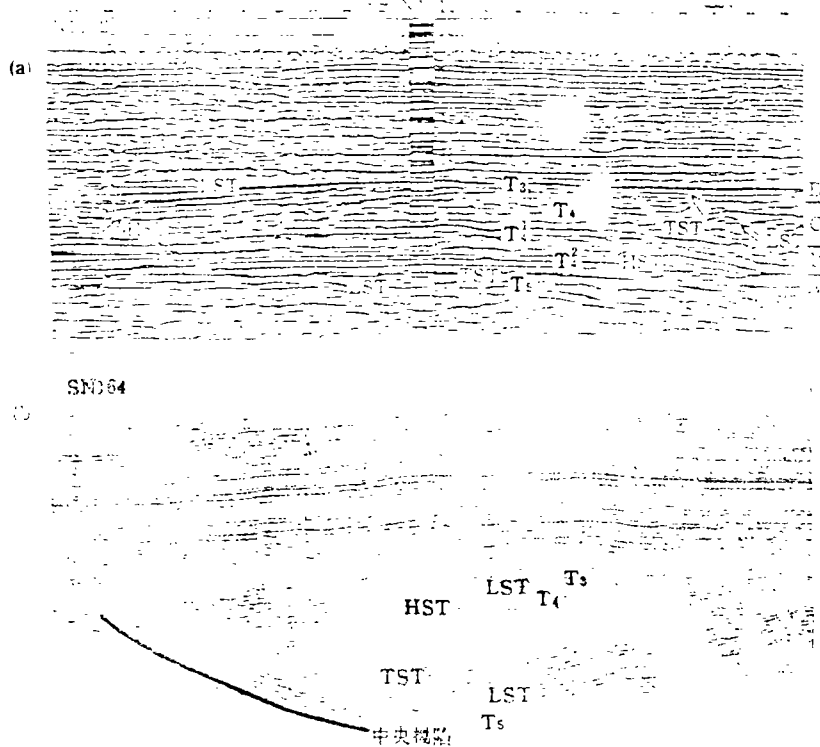


图2 地震剖面的层序地层解释

证实,4个层序自下而上分别为火石岭组(J_3hs)、沙河子组(K_1sh)、营城组(K_1yc)和登娄库组(K_1d)对应(图2)。它们之间是以不整合或相应的整合面为界。4个层序的顶底界面的确定和追踪对比主要依据标准反射层 T_3 、 T_4 、 T_1^1 、 T_1^2 和 T_5 5个界面。现将其反射特征概述如下:

T_2 : 为登娄库组顶面反射。反射特征不太明显,品质一般。一般由两个强相位组成,能量中等,连续性较差,视周期 40~50ms。 T_2 之上为一组平行-亚平行的弱反射带,在十屋断陷、德惠断陷和社里断陷均可见到上超特征; T_2 之下为一组时强时弱的反射,在柳条一昌图断陷、德惠断陷见有削截,反映其与上覆上白垩统之间的区域不整合接触特征。

T_4 : 为营城组顶面反射。由两个强相位组成,连续性差,视周期约 50ms。其上为稀疏带,之下为弱反射带,但其上下各有一组强相位跟踪,可用作追踪对比,斜坡边缘可见到上超和削截(如中央拗陷)。

T_1 : 为沙河子组顶面反射。能量较强,由 2~3 个断续波组组成,可能是其上、下沉积特征引起的波阻抗差造成。视周期 50~60ms。上覆为弱反射带,之下为强能量之密集反射。斜坡上可见到明显的上超和削蚀。全区可连续追踪,是本区之标准反射层。

T_3 : 为火石岭组顶界反射。由几个断续相位组成。连续性差,断陷内部为视整合接触。边缘具削截、底界上超,之下为一套蚯蚓状、叠瓦状、乱岗状的稀密不均的反射带,是一套容易追踪和识别的标准反射层。

T_5 : 为本区基底面(即火石岭组底面)反射。反射特征比较明显。在斜坡边缘缺失火石岭组的地区(如西部斜坡、社里断陷等),上、下之间存在明显的波阻抗差, T_5 由两个强相位组成,连续性好,易追踪。在断陷深部(如十屋断陷),地层沉积齐全,盖层与基岩波阻抗差异不大,反射品质较差,干涉现象严重,而德惠断陷,可能受火山岩的影响,反射较弱,连续性差。该波之下存在许多回转波、绕射波等干扰波。

1.2 测井层序分析

测井层序分析的目的在于划分单井的水平面相对变化、层序和体系域的边界,以建立岩性地层与地震地层之对比。主要利用测井(自然电位、伽马和视电阻率)曲线、岩芯(屑)、生物地层、沉积环境资料、合成地震记录和用层序地层学解释的连井地震剖面。

首先要用岩电特征识别最大洪泛面或缓慢沉积段。缓慢沉积段具有低电位、低电阻和高伽玛特征,岩性上属于纯泥岩段,它是水进期体系域与高水位体系域的界线。

其次是在向上粗变的模式中识别层序界线,层序边界一般在砂岩段内。典型的曲线模式为加积型,层底边界位于块状砂岩的底。界线之下向上变粗的砂泥岩间互的曲线模式则是高水位体系域。低水位体系域的沉积特征比较复杂,自然电位可高可低,电性特征一般为箱状、块状或指状低电位、高电阻,与水进体系域较平缓的钟形低电位、低电阻特征和高水位体系域的漏斗形高电阻、低电位是明显不同的。但是在单井上要准确识别层序边界往往比较困难,尚需要与岩芯(屑)、生物地层和地震剖面对比。

遵照上述原则和方法,笔者选择了各断陷的钻井资料进行了层序和体系域的划分。比较典型的测井层序及沉积体系域的特征如图 3。

通过合成地震记录,对比各钻井层序和地震层序,互相验证,以达到统一。通过上述综合分析,将松辽盆地南部上侏罗一下白垩统划分出 4 个层序及各层序的体系域类型。表 2 说明了一个完整的层序的岩电特征。

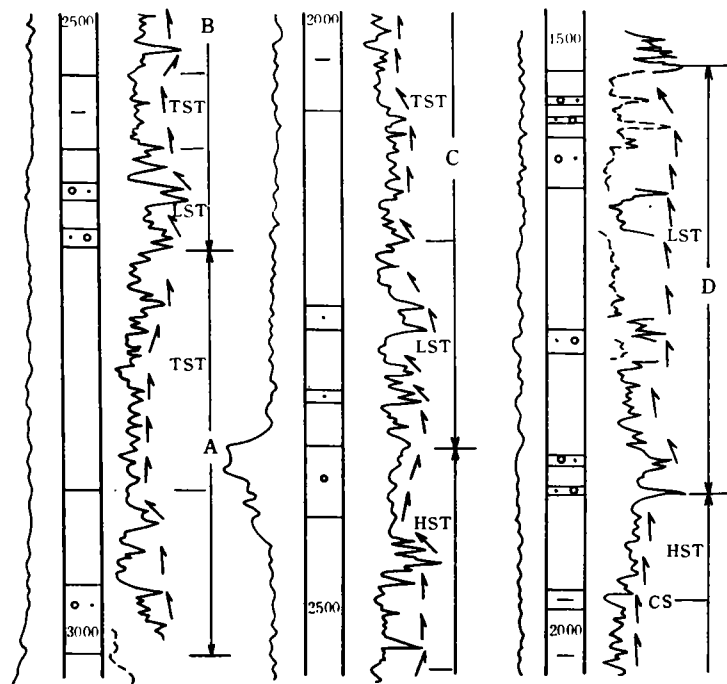


图3 农101井层序地层特征

表2 松辽盆地南部上侏罗—下白垩统层序地层特征

| 层系 | 体系域 | 沉积体系 | 反射特征 | 曲线特征 | 岩性特征 | 生储盖组合关系 |
|----|------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------|
| 层 | 高水位期 (HST) | 滨浅湖 — 扇三角洲体系 | 具前积、加积结构,具下超,弱—中振幅,连续性变化大 | 指状、块状低电位互层,电阻呈尖峰高值,钟形,具前积型结构 | 砂泥岩间互有向上变厚、岩性变粗之趋势 | 可作为储集层,油源来自下部或侧向水进期 |
| | 水进期 (TST) | 较深湖 — 湖沼 — 三角洲体系 | 中—强振幅连续反射,一般具较好的标志层,中部为平行反射,边缘具上超 | 低电位、低电阻、低声波的加积型或退积型结构 | 暗色泥岩夹薄层砂岩,间夹膏盐层 | 主要生油层,可作为良好的盖层 |
| 序 | 低水位期 (LST) | 冲积扇 — 洪泛平原体系 | 中—强振幅,杂乱或空白反射带,呈丘状或平行—发散结构 | 箱状、齿状、高电阻、高声波、低电位 | 砂砾岩与泥岩间互,向上岩性变细 | 上部为一般生油层,较好的储集层,油源来自上部或侧向 |

2 层序地层特征

Vail 等提出的层序地层学基础,控制沉积模式和岩相分布的4种主要因素:①构造沉降:控制沉积空间;②全球海平面变化:控制地层格架和岩相结构;③沉积物供给:控制沉积物充填和古水深;④气候条件:控制沉积物类型。在此基础上建立了3种层序地层模式、两种层序类型和4种沉积体系域。

对于松辽陆相断陷盆地,简单地套用 Vail 模式显然是不行的。第一,Vail 模式的第三种只涉及与生长断层毗邻的部分,是单向沉积物供给;第二,Vail 模式是以海相被动大陆边缘为基础,认为在低水位期海水下降速度大于构造沉降速度,以产生浊流的盆地扇、斜坡扇复合体,在水进期和高水位期,则应有与外海沟通,并应有海相生物栖息。而松辽陆相断陷盆地的层序是多物源供给,构造沉降为主的构造成因,与外海并不沟通。但是随着盆地的发展,形态基本定型之后,岩相分布仍受控于水面升降,因此,Vail 模式的方法和基本思路对陆相断陷盆地仍然是适用的。虽然陆相断陷盆地所发育的体系域与 Vail 模式的定义相比有所不同,但为了方便起见,仍然采用 Vail 模式的体系域术语进行描述。

2.1 层序 A(J_3hs)

是本区见到的最老的一套沉积层序,与下伏前中生界变质岩系呈明显的交角关系(图 2)。广泛分布于德惠断陷、十屋断陷和柳条一昌图断陷,以断层和超覆尖灭为其边界。为一组似平行、似整一的视等厚沉积。内部反射能量较强,呈短轴状,成层性差。斜坡区或断层处常见楔状外形和发散状反射结构及前积反射结构。断陷深部表现出连续性好的平行—亚平行反射(如十屋断陷)。

该层序是在盆地受海西构造运动,遭受长时期的夷平剥蚀之后,受太平洋板块俯冲产生强烈的差异块断活动,并伴有强烈的火山活动(喷发),接受一套火山岩、火山碎屑岩及粗碎屑沉积,沉积形式以冲积扇、洪积扇和河流相为主,属低水位期体系域。之后随着构造沉降和水位上升,接受了一套暗色砂泥岩相为主的沉积,沉积体系以半深水湖、三角洲为主,断层边缘发育水下扇,推测为水进期体系域。但受燕山运动第三幕的影响,发生区域性抬升,未接受高水位体系域沉积,且部分地区缺失水进期沉积,仅在十屋断陷中央、德惠断陷南部和柳条一昌图断陷有所保存。

2.2 层序 B(K_1sh)

燕山运动第 3 幕之后,水位降到最低点,致使原来沉积的火石岭组上部地层大部分暴露于地表,遭受剥蚀。而与此同时,第二套层序(K_1sh)的低水位期开始沉积。在缺失火石岭组或暴露于水面的断陷,容易形成冲积扇,如德惠断陷的德深 1 井沙河子组 45m 厚的杂色砂砾岩堆积。随着盆地下沉和水位上升,河流逐渐后退,在盆缘或断坡沉积了一些扇体(如伏龙泉冲积扇、鲍家扇三角洲等),向盆地中央方向沉积了滨浅湖、三角洲等低水位体系域。沙河子中晚期(相当于凡兰吟期),由于沙末运动之后地应力松弛,盆地基底强烈下沉和受全球性海侵的影响,水位急剧上升,此时除中央拗陷区和沈洋凸起构造沉降缓慢,无可容沉积空间(accumulation)形成,基本没有受到影响外,东南隆起区形成了一套较深湖—三角洲体系的暗色泥岩夹砂岩的水进期体系域沉积。沙河子末期,受燕山沙末构造运动的影响,水位开始下降,在水进期沉积之上形成了一套河流、三角洲、湖沼等高水位体系域沉积,一般为加积型沉积,向上岩性变粗,层变厚,但沙末运动使部分地区或断陷缺失高水位期沉积。

2.3 层序 C(K_1yc)

据钻井证实,该层序为营城组沉积。地震反射特征呈楔状,前积结构较普遍,偶见杂乱、斜交和丘状结构,但内部反射倾角较缓,横向变化小,能量均匀,连续性较好。上部存在多组连续性较好的反射波,具席状披盖型反射结构,能量相对均匀。

层序 C 的沉积标志说明受沙末构造运动的影响,湖水比层序 B(即沙河子组)明显变浅。

其下部沉积组合存在两种类型:①浅水湖盆型(以十屋断陷为代表),以浅水湖相沉积为主,即以滨浅湖的细碎屑和以斜坡周缘三角洲、扇三角洲楔状体为主的沉积;和②冲积体系型(以德惠断陷为代表),湖泊变浅,以粗碎屑为主的河道和冲积平原沉积,属低水位体系域。之后,随着盆地基底强烈下沉,水位不断升高,沉积了一套以暗色泥岩相为主的半深湖—扇三角洲体系的水进期体系域。营城末期,断陷活动减弱,区域出现总体隆升,沉积一套杂色或红色砂泥岩相的河流、冲积体系,属高水位体系域。

2.4 层序 D(K₁d)

营末运动之后,断陷活动明显减弱,而热衰减引起大面积热沉降。从地震反射特征看,层序 D 沉积面积扩大,几乎遍布整个工区。缓坡上逐层上超,反射结构为发散状,中央为中振幅较连续反射,向缓坡逐渐变为弱振幅、较连续反射和弱振幅不连续反射。紧靠主断层下降盘,常发育帚状和丘状反射。反映为断陷萎缩期的河流、冲积平原为主的体系,属低水位体系域,受燕山运动第 4 幕(即登末)的影响,地壳抬升,地层遭受剥蚀,因而缺失水进期和高水位体系域沉积。

从层序、体系域观点出发,充分考虑构造沉降和水平面相对变化的影响,以德惠断陷和十屋断陷为基础,作出了松辽盆地南部晚侏罗—早白垩世的水进、水退曲线(如图 4)。

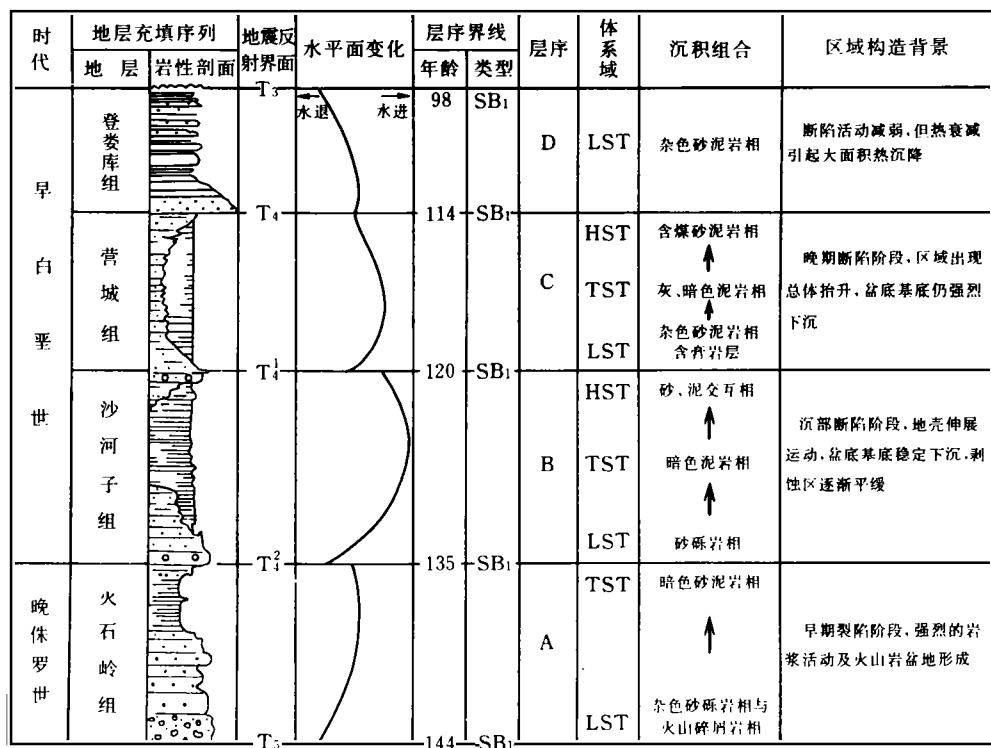


图 4 松辽盆地南部晚侏罗—早白垩世层序、体系域与水平面变化图

2.5 层序地层格架

根据各层序特征和体系域特征,将松辽盆地南部总结出两种层序地层格架(如图 5)。

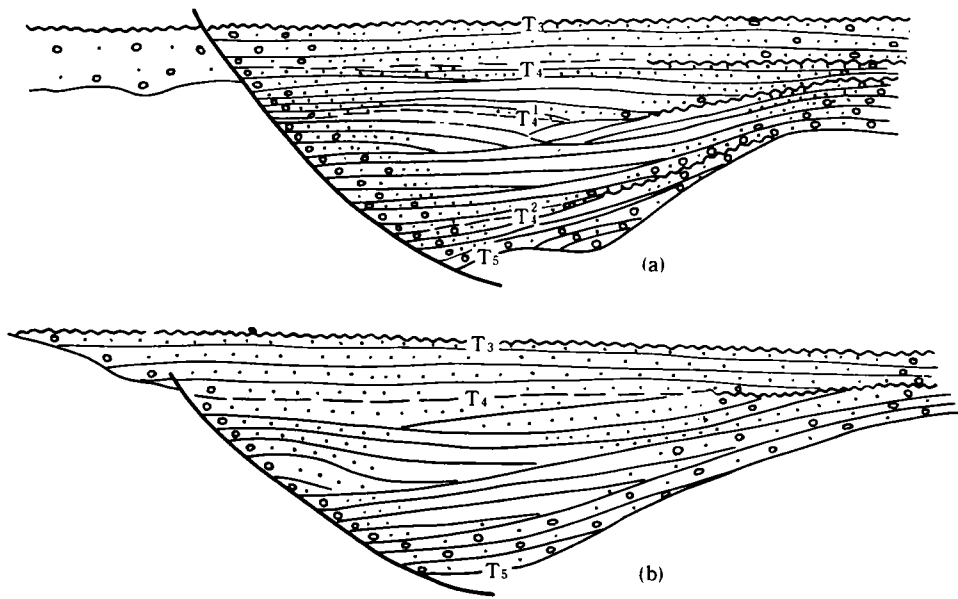


图5 层序地层格架
a)十层断陷型;b)中央拗陷型

3 油气勘探意义

根据上述分析可知,陆相断陷盆地沉积类型受构造沉降为主,水平面相对升降为辅的双重影响。构造沉降控制沉积物空间,而水平面升降则控制地层和岩相的分布,特别是水进期体系域,其存在与否将直接关系到油源岩的好坏,也直接影响到远景评价。表3列出了松南各层序体系域与油气圈闭的关系。

以油气藏形成的生、储、盖、圈、运、保6项标准来衡量各断陷的油气潜力可以看出,具有十层断陷层序地层格架的断陷盆地(如十层断陷、德惠断陷等)油气潜力较好,生油岩系多、储层发育(埋藏深,但发育次生孔隙),具备多套生储盖组合(图6),地层和构造圈闭均有利于油气藏的形成。这一点从目前勘探已得到证实。而具中央拗陷型层序地层格架的单元(中央拗陷和社里断陷)油气潜力相对较差,仅有一套生油岩系,且顶部地层还可能遭到剥蚀,但在沉积发育齐全且保存较好的地区仍有一定的远景。

4 结束语

层序地层学实质上是以地震资料为基础,多种资料(钻井、露头)相结合的一种综合地质解释方法。其主要优点:1)层序地层学建立的是年代地层格架,从而可降低地层划分对比中的穿时问题,提高地层划分对比的合理性;2)能更精确地预测生、储、盖的空间分布规律。但是层序地层学是针对被动大陆边缘提出的,对陆相断陷盆地只可灵活运用,本文运用层序地层学的研究思路和方法,将松辽盆地南部上侏罗一下白垩统划分出4个层序和3个体系

域,是对陆相断陷盆地研究的一次尝试,有待进一步完善。

表3 松南上侏罗—下白垩统体系域与油气圈闭的关系

| 地层 | 体系域 | 生油层 | 储集层 | 封闭 | 运移 | 圈闭 |
|------|-----|----------------|--------------|-----------------------|------------------------|----------------------------------|
| 登娄库组 | LST | 非烃源岩 | 冲积扇和河道砂体 | 差封闭,局部岩性封闭 | 侧向或垂向 | 地层圈闭或复合圈闭 |
| 营城组 | HST | TST和LST顶部生油 | HST:扇三角洲及河道 | LST、TST顶部封闭好,侧向及底部多变 | 密集层生油向上或侧向运动或沿断层垂向运移 | LST、TST:地层圈闭或复合圈闭 HST:最好为构造圈闭 |
| | TST | HST,下部产气 | TST:浊积扇、湖底扇 | HST:底部封闭好,洪泛面为好盖层 | | |
| | LST | HST,下部产气,贫油源岩 | LST:洪积岩、河道 | | | |
| 沙河子组 | HST | TST和LST顶部:生油良好 | HST:冲积砂砾岩、河道 | LST、TST顶部,封闭好,侧向及底部多变 | 沿断层通道垂向运移,密集层生油向下或侧向运移 | LST、TST:地层圈闭或复合圈闭 HST:最好是构造圈闭 |
| | TST | HST:生油差而易生气 | TST:浊积扇及湖底扇 | HST:底部封闭好,洪泛面是顶部盖层 | | |
| | LST | | LST:洪积砂体 | | | |
| 火石岭组 | TST | TST:生油良好 | TST:浊积扇及湖底扇 | TST:顶部封闭好,侧向及底部多变 | 沿断层垂向运移 | 地层圈闭或复合圈闭 |
| | LST | | LST:洪积砂体 | | | |

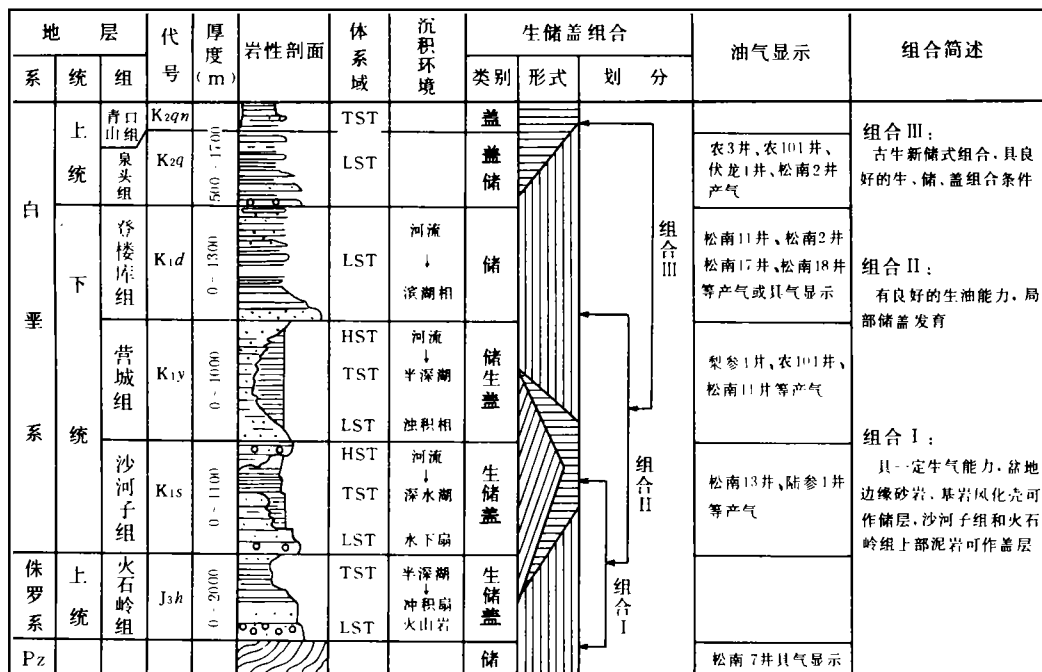


图6 松南上侏罗—下白垩统生、储、盖组合

最后感谢专题组成员林宗满、周喜裕高级工程师, 骆传才工程师, 他们对本文的研究提供了热情的帮助和指导。同时也感谢吉林所为本研究提供了宝贵的资料。

(收稿日期: 1994年4月24日)

参 考 文 献

- 1 Sagree J B. , Vai P R. 层序地层学的应用——地震、钻井和露头资料的层序地层解释. 国外石油地质, 1989
- 2 Ashto, F. Embry, 杨长清译. 张性盆地三阶沉积层序的构造成因——盆地模拟的应用, 国外油气勘探, 1993, 5(1)

THE CHARACTERISTICS OF THE UPPER JURASSIC—LOWER CRETACEOUS SEQUENCE STRATIGRAPHY AND THEIR SIGNIFICANCE IN HYDROCARBON EXPLORATION IN THE SOUTHERN SONGLIAO BASIN

Yang Changqing

(*Research Party of Petroleum Geology, MGMR*)

Abstract

In using of the basic concepts and research method of sequence stratigraphy, the Upper Jurassic—Lower Cretaceous sequences were preliminarily divided into four sequences according to seismic section and well data, each of which consisted of three system domains. The sedimentation of the domains and distribution of the lithofacies were mainly controlled by structural subsidence, while influence of waterlevel changes subsidiary. Meanwhile, two kinds of sequence stratigraphic frameworks were established. The faulted basin with Shiwu type (faulted depression) of strtigraphic framework has a favorable combination of generation, reservoir and seal of hydrocarbon, showing a good potentiality of oil and gas resources.