

苏红图—银根盆地下白垩统层序地层学研究

李文厚

(西北大学地质系,西安,710069)

提 要 本文根据沉积、古生物及地震资料对苏红图—银根盆地下白垩统的层序地层学特征进行了研究。把下白垩统划分为 1个三级层序和低水位体系域、湖侵体系域、高水位体系域。根据准层序的叠置方式,准层序组有进积型、退积型和加积型,本区下白垩统可以划分 9个准层序组,以退积型准层序组最为发育。苏红图—银根盆地早白垩世早期沉积格局曾发生过显著变化,从早到晚先后发育冲积扇、扇三角洲、浅湖和深湖相沉积,并在深湖相暗色页岩中夹有浊流和泥石流沉积,为退积型湖进层序。早白垩世晚期则由滨浅湖相演化为滨湖沼泽和河流相沉积,为进积型湖退层序。本区的湖侵体系域浅湖—深湖相暗色泥、页岩厚度大,有机质丰度高,类型好,是重要的烃源岩。低水位体系域的扇三角洲层序以加积型为特征,即下部为扇三角洲平原,中部为扇三角洲前缘,上部为前扇三角洲。反映了该区处于活动盆地边缘,湖水由浅变深,扇三角洲相应后退,沉降速率大于沉积速率,其中扇三角洲前缘砂体的储集作用不可低估。高水位体系域的滨浅湖滩砂也是重要的油气储集体。而湖侵体系域的深湖相泥、页岩和高水位体系域的滨湖沼泽相泥岩均可作为区域盖层。它们在垂向上构成了有利的生储盖组合。

关键词 苏红图—银根盆地 下白垩统 层序地层学 层序 体系域 生储盖组合

分类号 P 53

第一作者简介 李文厚 男 48岁 副教授 沉积学

80年代以来,层序地层学随着 P. R. Vail等人为代表的地震地层学和以 W. E. Calloway等人为代表的成因地层学的发展,其理论体系日臻完善,成为一门较完整的独立学科。在古生物学、沉积学、地震地层学、测井地质学、同位素地质学和磁性地层学相互渗透和配合下,以崭新的概念统一了传统的生物地层、岩石地层和年代地层单位之间的关系,确定了可靠的年代地层框架。同时,层序地层学建立的地层分布模式解决了过去长期无法解释的地质现象,从而开阔了人们的视野^[1]。近年来,层序地层学理论已成功用于指导欧美及东南亚地区的油气勘探与开发。国内许多学者也开始用于海相和陆相沉积盆地的层序地层学研究,以期达到建立层序地层模式和油气分布预测模型,指导油气勘探开发的目的。

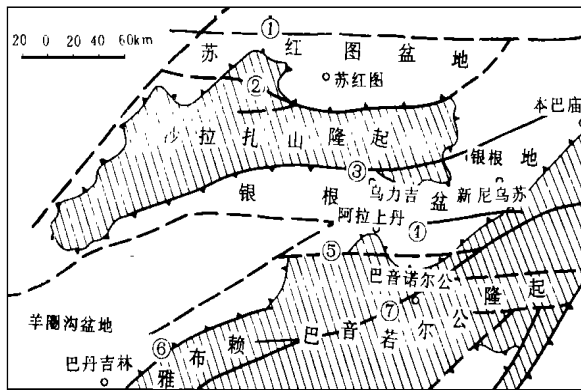
陆相湖盆具有多物源、物源近、相带窄、相变快、多沉积中心等特点^[2]。与海相盆地相比,无论在盆地规模大小、盆地地形、水动力状态等方面都存在明显的差异。但是有些大型内陆湖泊盆地在某些方面,如地形、周期性湖水面升降和由此所产生的旋回性沉

积序列,或存在与外海沟通的历史等方面特征,可以与海盆类比^[3]。

内蒙古阿拉善地区广泛发育中生代断陷盆地。位于塔塔拉—阿拉上丹断裂以北,苏红图断裂以南的苏红图—银根盆地,系由苏红图和银根两个规模较大的陆相碎屑岩—火山岩盆地组成,总体呈近东西向展布(图 1)。鉴于二者在物质组成、沉积相类型、盆地演化和形成机制方面完全相似,本文将它们作为一个统一的盆地来讨论。盆地内白垩系发育齐全,自下而上发育了白垩统巴音戈壁组(K_{1b})、苏红图组(K_{1s})和上白垩统,厚度在 1 800 m以上,沉积建造以湖泊相和扇三角洲相的砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩、页岩、泥灰岩和油页岩为主。盆地的沉降及沉积速度快,湖水面变化频繁,地层层序边界明显,为层序地层学的研究提供了物质基础。

1 下白垩统层序分析

层序地层学以层序作为盆地分析的基本单元,层序是由具有年代地层意义的一套相对整合的,成



① 苏红图断裂; ② 沙拉扎山麓断裂; ③ 乌力吉断裂; ④ 塔塔拉—阿拉上丹断裂; ⑤ 毕级尔台包断裂; ⑥ 雅布赖北麓断裂; ⑦ 巴彦西别—雅布赖断裂。

图 1 苏红图—银根盆地白垩纪构造略图

Fig. 1 A sketch of tectonic map of the Cretaceous in the Suhongtu-Yingen basin

因上相关的地层序列组成,其顶、底以不整合面或与之相当的整合面为界。这种界面可以作为地层对等的等时界面。层序又可以划分为准层序和准层序组,组成层序的沉积物又可进一步划分出体系域和沉积体系。本文采用 P. R. Vail 的层序划分方法,将苏红图—银根盆地的地层进行了层序划分(表 1)。

表 1 苏红图—银根盆地地下白垩统层序划分

Table 1 The sequence and sequence boundary of Lower Cretaceous in Suhongtu-Yingen basin

地 层	层序体系域	层序边界	层序	体系域	湖平面升降曲线	
上白垩统	K_2	上超	SB ₂	1		
苏红图组	K_{1s}	下剥				HST
巴音戈壁组	K_{1b^4}					TST
	K_{1b^2}					LST
侏罗系	J	上超	SB ₁			

本区的下白垩统相当于 P. R. Vail 的一个三级层序,层序边界 SB₁和 SB₂为不整合边界,在地震剖面上削截和上超特征明显。从下至上,本层序又可以划分出低水位体系域—湖侵体系域—高水位体系

域,即经历了下降充填—湖侵—碎屑物质向湖进积的过程。同时它代表了 1 次主要的相对湖平面的升降过程,这次湖平面的相对升降又控制着湖泊分布范围和生储盖层的展布特征。

低水位体系域 (K_{1b}^{1-2}) 沉积期,盆地首次沉降,沉积物分布范围小,主要为冲积扇和扇三角洲沉积。湖侵体系域 (K_{1b}^{3-4}) 沉积期,盆地稳定下降,湖水面上升,为浅湖—深湖相暗色泥、页岩、油页岩、泥灰岩和粉砂岩夹重力流成因的薄层状细砂岩及中—厚层状砾岩,含鱼类化石,地层分布稳定,是重要的生油层段。高水位体系域 (K_{1s}) 沉积期,湖水面上升速率变缓乃至静止,大量碎屑物质输入湖盆,致使盆地抬升,湖水面缩小。此时,本区有大量火山岩喷发,岩石以中基性熔岩为主,也有少量的火山碎屑岩,从而表明这里经历了一次重要的地壳破裂事件,最终导致了裂谷盆地的形成。

2 准层序组和准层序的划分

准层序组是由一组有成因联系的相对整合的准层序构成,通常以主要湖泛面及与之相应的界面为边界。根据准层序的叠置方式,准层序组有进积型、退积型和加积型,苏红图—银根盆地地下白垩统可以划分 9 个准层序组,以退积型准层序最为发育(图 2)。本区下白垩统下部的低水位体系域包括 5 个退积型准层序组,中部的湖侵体系域包括 1 个退积型准层序组和 1 个进积型准层序组,上部的高水位体系域包括 1 个退积型准层序组和 1 个加积型准层序组。退积型准层序组的特点是,向湖岸方向沉积一系列新的准层序,在垂向组合中表现为一系列较新的准层序比下伏准层序含有更多的深湖相页岩、泥灰岩及油页岩,且新的准层序比老的准层序薄。当沉积物沉积速率小于新增可容空间增长速率时,形成一系列向岸边后退的准层序的叠加。进积型准层序组向着盆地中心沉积一系列连续的新的准层序,在纵向组合中新的准层序与老的准层序相比,沉积环境水体变浅,沉积厚度变大。当沉积物沉积速率大于新增可容空间形成速率时,向着盆地方向沉积一系列新的准层序。而在加积型准层序组中,一系列新的准层序一个个叠加,没有明显的横向移动,在纵向上岩相、岩层厚度以及砂泥岩几乎没有变化。一般认为,当盆地无水时,永远形成加积型准层序组,而当盆地有水,沉积物供应速率大约等于可容空间增加速率时,同样形成加积型准层序组^[4,5]。

通过野外观察可以把准层序组划分出准层序。准层序是一组相对整合的有内在联系的岩层或岩层组,它们以湖泛面及与之对应的界面为边界。通常情况下,一个准层序是由新的岩层或岩层组向盆地方向加积形成的,这一沉积方式最终导致一个向上变浅的相带分布。因此,准层序是向上变浅的加积序列。本区的准层序类型既有向上变粗的准层序,也有向上变细的准层序,但无论是哪一种类型,都是向上变浅的岩层序列。在向上变细的准层序中,层组和岩层变薄,碎屑颗粒变细,砂泥比例向上减小,由下向上生物扰动作用逐渐增强,这种准层序一般形成于泥质的滨湖沼泽环境(图3)

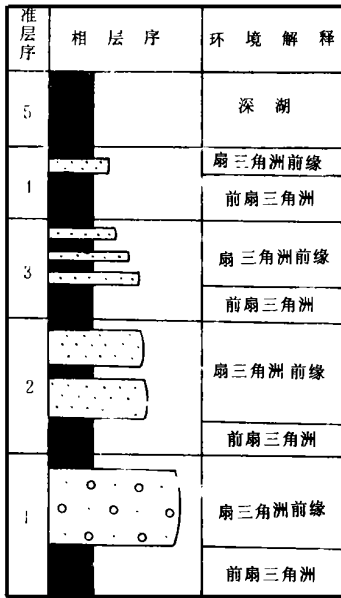


图2 苏红图—银根盆地下白垩统退积型准层序组特征(巴隆乌拉剖面)

Fig. 2 The characteristics of retrogradation parasequencesets of the lower Cretaceous in the Suhongtu- Yingen basin

3 下白垩统体系域特征

体系域是成因上相关的沉积体系的三维组合体。一般说来,一个完整的层序可以划分为若干个体体系域,即低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域。在陆相盆地中,体系域发育主要受湖平面升降变化控制,而湖平面的升降变化主要受构造沉降和古气候的控制。湖平面相对较低时,发育低水位体系域,当湖水快速上涨时,形成湖侵体系域,当湖平面

上升到较高位置时便形成高水位体系域^[1]。野外露头研究认为,本区下白垩统的低水位体系域和湖侵体系域间的界面为初始湖泛面,而湖侵体系域和高水位体系域间的界面为最大湖泛面。

3.1 低水位体系域

低水位体系域形成于层序发育早期,位于层序的底部,底界与层序底界一致,顶界为初始湖泛面^[4]。本区的低水位期湖水范围小,湖盆和周围物源区的高差大,侵蚀作用强,洪水期洪水携带大量粗碎屑物质迅速入湖,在盆地边缘形成深切谷冲积扇充填体系,盆地内则发育扇三角洲体系及滨浅湖体系。

冲积扇体系主要发育于下白垩统巴音戈壁组第

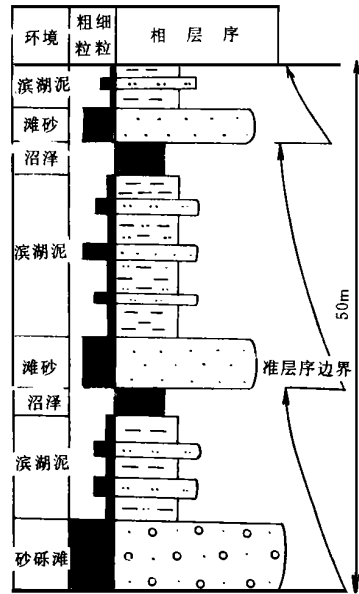


图3 苏红图—银根盆地下白垩统向上变细准层序特征(苏红图剖面)

Fig. 3 Characteristics of upward-fining parasequence of the lower Cretaceous in the Suhongtu- Yingen basin

一岩性段,为厚层—块状细砾岩夹厚层状砾岩。其中前者分选较好,磨圆度较高,砾石呈叠瓦状排列,颗粒支撑,缺少砂、泥杂基,常呈透镜状产出,底部具冲刷面,应属冲积扇扇中水道沉积。后者分选差,磨圆度也差,砾石不具任何定向结构,基质含量12%~30%,颗粒支撑至杂基支撑,多为正粒序,不具明显的底侵蚀现象,显然是变密度颗粒流沉积^[6]。

扇三角洲体系发育于巴音戈壁组第二岩性段,为厚层—块状粗砂岩夹中—厚层状细砾岩、砾岩、砂岩及碳质泥岩。总体上看,本区的扇三角洲层序以

加积型为特征,即下部为扇三角洲平原,中部为扇三角洲前缘,上部为前扇三角洲,反映了该区处于活动盆地边缘,湖水由浅变深,扇三角洲相应后退,沉降速率大于沉积速率。

3.2 湖侵体系域

随着边界断层的继续活动,苏红图—银根断陷湖盆的沉降在逐渐扩大,新增可容空间大于供给的沉积物体积,水体加深,湖泊面积扩大,形成湖侵体系域。湖侵体系域以湖岸上超为特征,其底界为初始湖泛面,顶界为最大湖泛面。本区的湖侵体系域以浅湖—深湖相和重力流沉积广泛发育为特征,暗色泥、页岩、泥灰岩和油页岩中夹有重力流沉积是该体系域的一个显著特点。其中暗色泥、页岩厚度大,有机质丰度高,类型好,是苏红图—银根盆地中最重要的烃源岩层系。

巴音戈壁组第三岩性段为碳质泥岩、泥岩、粉砂质页岩夹薄层状细砂岩、泥灰岩及灰岩,岩层中水平层理和波状层理发育,含介形虫、瓣鳃类及鱼类化石,是浅湖相沉积的特点。深湖相发育于巴音戈壁组第四岩性段,为灰黑色页岩夹深灰色泥灰岩、粉砂岩、细砂岩、砾岩及油页岩,岩层中含黄铁矿晶粒,水平层理发育,偶见介形虫化石,反映为静水缺氧的还原环境。其中的薄层状粉、细砂岩广泛发育鲍玛序列,底面具槽模,应为浊流沉积的产物。而夹于深湖相页岩之中的厚层状泥质砾岩,其砾石成分复杂,分选很差,磨圆度极差,砂泥杂基支撑,岩层呈块状,不显层理,则是深湖泥石流沉积。

值得注意的是,本区下白垩统湖侵体系域中夹有30余米的暗色油页岩和泥灰岩,它们是在湖平面快速上升,物源区碎屑物质供应极差的条件下于深湖区缓慢沉积的密集段。尽管密集段厚度很薄,沉积物聚集速率很低,且经历了很长时间,但该层段内的沉积作用却是连续的^[4]。

3.3 高水位体系域

在湖水面上升速率变缓或静止时,沉积物注入量不变或增加的情况下,可容空间逐渐减小。此时湖盆水域面积不断缩小,沉积物向湖盆中央进积,水深变浅。本区下白垩统的高水位体系域包括湖水面下降之前的任何沉积体,如滨浅湖体系、滨湖沼泽体系和河流体系。

下白垩统上部苏红图组主要为中基性火山岩夹灰绿、褐红色泥、页岩、泥灰岩、砂岩。水平层理、波状层理极为发育,岩层中产介形虫及瓣鳃类化石,表明

它为滨浅湖沉积体系。在滨浅湖体系之上则是滨湖沼泽体系和河流体系。

4 沉积环境的演化及生储盖组合

4.1 沉积环境的演化

早白垩世早期,本区由于南北向的拉张作用,上部地壳沿先成的基底断裂薄弱带发生裂陷活化,形成地堑型盆地。在扩张的早期,首先沉积了巴音戈壁组第一岩性段的冲积扇砾岩层。随后,巴音戈壁组上部湖泊相细粒沉积物不断向盆地外侧超覆沉积,反映从早白垩世早期到晚期沉积盆地的范围不断扩大,而这正是裂谷盆地扩张期的主要特征之一。在盆地不断扩张的情形下,沉积物的供应速率明显慢于盆地的下降速率,下部沉积冲积扇和扇三角洲粗粒沉积物,上部沉积浅湖—深湖细粒沉积物,表现为退积型沉积特点。继之盆地又发生短暂抬升,局部地段造成苏红图组与下伏巴音戈壁组呈平行不整合接触。苏红图组沉积时为裂谷盆地形成阶段,此时地壳强烈扩张,使早期断裂发展成为一些切割整个地壳的深大断裂,地幔物质沿着这些断裂上升并喷出地表,形成本区特征的碱性玄武岩系列的火山岩组合。

4.2 生储盖组合

按层序地层学的观点,每一个层序都是一套完整的生储盖组合。通常情况下,湖侵体系域主要发育生油层,低水位体系域主要发育各类储集体,高水位体系域既发育各类储集体,又发育泥岩盖层。本区的巴音戈壁组湖侵体系域发育浅湖—深湖相沉积,岩性以黑色页岩、泥岩、油页岩、泥灰岩及灰岩为主,厚度达600余米。这套生油岩系的地化分析表明,盆地有机质丰富,成熟度达到成熟—高成熟阶段,具备了生油条件。低水位体系域的扇三角洲前缘砂体常常形成混合构造—地层圈团,其储集作用不可低估。高水位体系域的滨浅湖滩砂也是重要的油气储集体。而高水位体系域的滨湖沼泽相泥岩和湖侵体系域的深湖相泥、页岩均可作为区域盖层。

参 考 文 献

- [1] 吴元燕,刘震,王伟华等. 歧北凹陷沙河街组层序地层学研究. 沉积学报, 1996, 14(1): 167-175.
- [2] 解习农,李思田,陆相盆地层序地层学研究特点. 地质科技情报, 1993, 12(1): 22-26.
- [3] 王东坡,刘立. 大陆裂谷盆地层序地层学的研究. 岩相古地理, 1994, 14(3): 1-9.

- [4] 纪友亮,张世奇等. 陆相断陷湖盆层序地层学. 北京:石油工业出版社, 1996, 64- 75.
- [5] 冷胜荣,纪友亮,张世奇等.吐哈盆地台北凹陷侏罗系层序地层学研究.地质论评, 1994, 40(增刊): 168- 174.
- [6] 刘宝君,余光明,陈成生. 西藏日喀则地区第三系大竹卡组砾质扇三角洲一片状颗粒流沉积. 岩相古地理, 1990, 10(1): 1- 11.

Sequence Stratigraphy of Lower Cretaceous in Suhongtu-Yingen Basin

Li Wenhou

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069)

Abstract

Based on sedimentary, palaeontological and seismic data, the sequence stratigraphy of the Lower Cretaceous in the Suhongtu-Yingen basin has been studied. The Lower Cretaceous is divided into 1 sequence and lowstand system tract, transgressive system tract as well as highstand system tract. According to incumbent style of parasequence, parasequence sets are divided into transgressive style, retrogressive style and accretion style. In this region, the lower Cretaceous is divided into 9 parasequence sets, and retrogression parasequence style is developed much better among them. Early period of the Early Cretaceous has experienced great changes in the Suhongtu-Yingen basin. From Early Cretaceous to Later Cretaceous, alluvial fan, fan delta, shallow lake and deep-lake are developed and turbidity current and debris flow that belong to lake transgressive stratigraphic sequence of retrogressive style exist in deep-lake melane mudstone. In late of Early Cretaceous shore-shallow lake has changed into shore-lake swamp and river that belong to lake retrogressive stratigraphic sequence of transgressive style. In the region, shallow-deep lake melane mudstone and shale of transgressive system tract that its depth is thick and its organic content is rich and style is good, showing which is important hydrocarbon source rocks. Among fan delta stratigraphic sequence of lowstand system tract, accretion style is more characteristic. In other words, its lower part belongs to fan delta plain, its middle belongs to fan delta front and its upper belongs to profan delta. The characteristics reflect that the region might be in the margin of active basin, in which lake changes from shallow to deep, fan delta retreats with it and rate of subsidence is more rapid than rate of sedimentation. Reservoir ability of fan delta front is good among them, shore-shallow lake beach sandbody is important gas-oil reservoir body and deep-lake mudstone and shale of transgressive system tract and shore-lake swampy mudstone of highstand system tract are good cover rock. They have constituted favourable source-reservoir-cap rocks assemblages.

Key Words Suhongtu-Yingen basin lower cretaceous sequence stratigraphy sequence system tracts source-reservoir-cap rocks assemblages