

吉尔嘎朗图凹陷沉积层序几何构型

樊太亮

(中国地质大学, 北京 100083)

朱 玲

(中国科学院地球物理研究所, 北京 100083)

断陷湖盆沉积层序的几何学特征是层序地层分析的基本线索和重要内容。据此将二连盆地吉尔嘎朗图凹陷侏罗系至白垩系的赛汉塔拉组划分为 10 个三级地震层序, 组合成 3 个超层序。层序外部形态由下向上依次由箱状、楔状演变至席状披覆; 边界终止方式由双断中止型、单断中止超覆型演变至周缘超覆型, 分别对应于盆地的裂陷期、拗陷期和快速充填萎缩期。作为一个箕状断陷盆地, 吉尔嘎朗图凹陷由低水位期沉积构型、水进期沉积构型和高水位期沉积构型组成, 可识别出陡岸水下扇体系、进积型扇三角洲-浊积扇体系和盆缘小型扇三角洲体系。三级层序间的组合型系可分为退积叠置、进积叠置、加积叠置三种类型, 对应于密集段厚度的减薄、增厚、稳定和有机质丰度的减小、增大、基本不变的变化规律。由上表明, 层序几何构型是层序动力学过程的反映, 可揭示盆地的沉积特征和演化过程。

关键词 层序地层 几何构型 沉积体系 密集段

第一作者简介 樊太亮 男 36 岁 副教授 石油地质

断陷湖盆沉积层序受构造运动、气候变化、可容纳空间涨缩变化以及多物源等因素的综合作用, 形成不同的层序几何构型, 包括不同类型的层序界面、复杂多变的外部几何形态和丰富的内部结构样式。层序的几何学特征及其相互间的组合关系可以从不同的角度反映层序的形成背景、沉积特征和岩性、岩相组成特点。本文以二连盆地吉尔嘎朗图凹陷为例, 详细论述断陷湖盆中层序地层的几何学特征及其在盆地分析中的应用。

二连盆地是一个中、新生代断拗复合型沉积盆地, 其中的吉尔嘎朗图凹陷是众多凹陷中的一个, 位于二连盆地乌尼特拗陷南端, 为一 NE 走向、北断南超型的箕状凹陷, 长 67 km, 宽 7~20 km, 面积约 1 100 km²。沉积地层包括侏罗系、下白垩统巴颜花群(由阿尔善组、腾格尔组和赛汉塔拉组组成)以及第三系和第四系。其中, 巴颜花群是油气勘探的重点层位, 最大沉积厚度约 3 500 m。

1 层序界面

1.1 几何构型

层序界面及其几何构型可以从露头、钻井和地震剖面中直观的识别出来, 并用于盆地内沉积层序的形成与演化的分析中。由于地震剖面在大范围内连续详细地展示了地下地层的二维(或三维)形态, 使人们有可能识别出地下地层中客观存在的、众多的、钻井和露头上所不能辨认的层序边界, 因而在层序界面识别及层序划分中起重要的作用。

在沉积层序的形成过程中,存在着 4 种沉积作用过程:即侵蚀作用、沉积物过路冲刷作用、沉积作用和非补偿性的饥饿型沉积乃至无沉积作用^[2]。不同的沉积作用过程形成于基准面相对于地表的升降变化势态,并产生不同规模的层序界面。相应地,层序界面上下的地层构型也存在着显著的差别。在断陷湖盆中,层序界面的级别及表现形式可分为 3 类:

1. 1. 1 I 级不整合面

由古构造运动、构造应力场转换等造成沉积基准面的抬升,形成大规模的侵蚀不整合界面,常对应着盆地基底面或盆地收缩时的古风化剥蚀面。这种界面常与区域构造事件相吻合,是构造旋回划分的标志,具有区域性分布的特点。表现在几何构型上,界面之下地层遭受侵蚀作用,形成各种类型的削截现象,包括角度不整合、平行不整合、下切谷、侵蚀残丘等;在界面之上,表现为地层上超、沟谷充填等形态。二连盆地吉尔嘎朗图凹陷发育的 I 级不整合有 T_g 和 T₂ 二个界面,分别为盆地基底面和白垩系的顶界面。界面上下地层削截、河谷切割及地层超覆现象明显(图 1)。

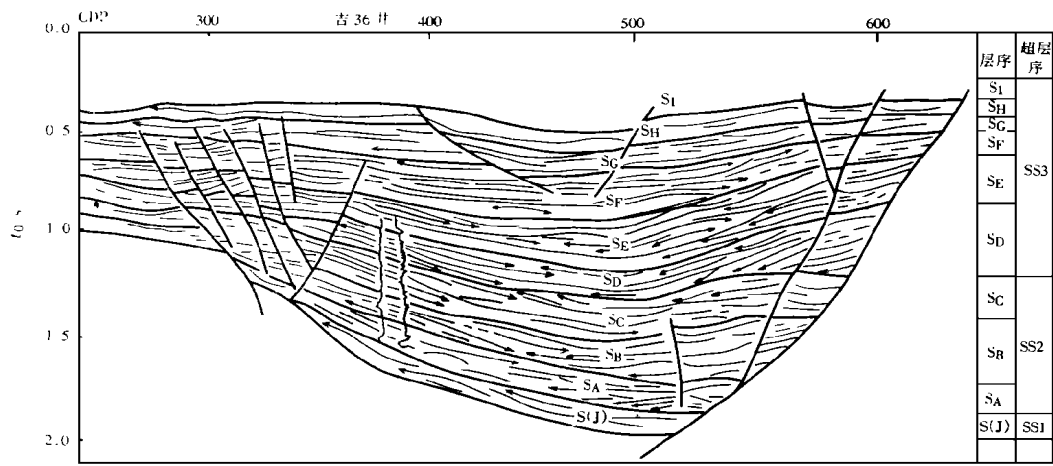


图 1 吉尔嘎朗图凹陷层序地层划分及其内部结构

1. 1. 2 II 级不整合面

由明显的湖平面下降或较强的地区性构造运动造成的不整合面。此类不整合面在盆地不同部位表现为不同的性质,由盆地边缘至盆地内部,侵蚀或沉积间断的时间逐渐缩短,由侵蚀不整合、沉积间断演变至平行整合。在界面构型上,相应的表现为不同的形态,界面之下依次出现角度不整合—顶超—平行整合结构;界面之上则为上超—平行结构。吉尔嘎朗图凹陷侏罗系与白垩系之间的界面、白垩系腾格尔组二段下部的界面为 II 级不整合面(表 1,图 1)。

1. 1. 3 III 级不整合面

由湖平面降落、气候变化或沉积物供应速率变化等造成沉积基准面下降而产生的不整合面。此类不整合没有引发明显的地层剥蚀,而是表现为沉积间断。界面之下常见顶超结构和小型冲刷河道;界面之上为超覆或平行结构。吉尔嘎朗图凹陷内 III 级不整合面有阿尔善组与腾格尔组之间的界面,腾格尔组内部的界面和赛汉塔拉组内部的界面。界面之下可见轻度下切冲刷和顶超等特征,界面之上发育上超及平行结构(图 1)。

1.2 层序划分

层序界面构型是划分地层层序、确定层序级别的基础。利用地震剖面具有系统性、连续性、区域分布的特点,通过界面构型分析可识别和对比不同等级的古构造运动剥蚀面、古沉积间断面以及其它有区域对比意义的沉积界面,建立起盆地内等时地层格架,将盆地沉积充填序列划分为不同级别的建造单元,并根据地震、钻井及地质特征,解释其成因和意义。具体工作时,主要遵循以下原则:

(1) 根据界面构型及其类型识别不整合面及其级别,并且以这些不整合面的相对级次大小和性质,作为确定层序级次和层序性质的一个重要依据。

(2) 首先根据特征明显的区域不整合面识别一级层序; 然后在其内部作尽可能详细的三级层序划分。这些层序主要是以顶超面、上超面、冲刷面及其延续的界面为边界,其分布往往只能在凹陷范围内进行对比。

(3) 根据断陷湖盆的构造演化特点与沉积发育的阶段性,以及三级层序的叠置方式和层序内部的充填体制,将具有一定垂向叠置特点和相同充填规律的三级层序组合在一起,可构成三级层序组,这些三级层序组相当于二级层序,也称为超层序。

根据上述原则,我们对吉尔嘎朗图凹陷地震层序和钻井层序进行了三级划分,从侏罗系至白垩系的赛汉塔拉组,共划分出 10 个三级地震层序(其中,油气勘探目的层阿尔善组和腾格尔组划分为 5 个层序),并组合为 3 个超层序。从侏罗纪至白垩纪,盆地经历了由断陷、拗陷至萎缩的演化过程,构成一个完整的一级层序(图 1,表 1)。

2 层序外部构型与形成背景

2.1 层序的空间几何形态

断陷湖盆层序的空间几何形态,包括厚度变化、分布范围、边界终止方式等,均受到盆地的性质、发育演化阶段、边界条件(断层或超覆边界),以及沉积过程中的基准面变化等因素控制,因而可以反映形成时的构造背景与沉积演化过程。

吉尔嘎朗图凹陷层序发育和层序空间几何形态,与凹陷构造格局关系密切。凹陷沿长轴方向由三个洼槽构成,由西向东依次为西洼槽、中洼槽和东北洼槽。层序的发育及形态受洼槽和边界条件的控制。在洼槽区层序发育齐全,厚度较大,向着洼槽两侧或因断层突然中止,或沿斜坡上超尖灭。

层序 S_A(阿尔善组)形成于双断型洼槽内,外部形态呈箱状,受南北两侧的边界断层制约,

表 1 吉尔嘎朗图凹陷地层系统与层序划分^[1]

地 层 系 统				地震波组	地震层序		边界接触	
					三级层序	超层序	关 系	
下 白 垩 统	巴 彦 花 群	赛 汉 塔 拉 组 (K ₁ bs)		—T ₂ —	S _I	SS ₃	上超 削截	
					S _H		顶超	
					S _G		上超 顶超	
					S _F		上超 顶超	
					S _E		上超 削蚀、顶超	
					S _D		上超 顶超	
	二 段 一 段	腾 格 尔 组 (K ₁ bt)		—T ₃ —	S _C	SS ₂	上超 削蚀、顶超	
					S _B		顶超、削蚀	
					S _A		上超	
					S(J)		SS ₁	削蚀
	阿尔善组 (K ₁ ba)		—T ₈ — —T _g —					
侏罗系(J)								

的楔形体为标志, 内部为进积结构, 或为特征不清的杂乱结构, 平面上呈扇形分布。

3.1.2 水进期沉积构型

水进期沉积构型特征取决于湖平面上升速率与沉积物供给速率之间的相互关系, 以及沉积时的地形坡度。当湖平面上升速率大于沉积物供给速率时, 可发育特征清晰的退积式结构, 反之, 可能仍为进积结构。在吉尔嘎朗图凹陷的陡岸, 水进期发育具退积结构的水下扇, 沉积地层由凹陷中央逐层向湖岸方向退缩, 而缓坡的同期沉积则是进积型三角洲(图 2)。

3.1.3 高水位期沉积构型

高水位期物源作用增强, 盆缘地形坡度变缓, 沉积物由陡岸和缓坡两个方向向盆地中央推进, 形成前积反射结构, 沉积体厚度变化不明显。在层序发育末期, 形成顶超结构, 构成层序的顶界面。

3.2 沉积体系及展布

地震的各种反射构型, 包括前积结构、丘形体、楔状体和下切沟谷等, 揭示了沉积体在不同方向上的结构特点, 均可应用于沉积体的识别。在吉尔嘎朗图凹陷, 可识别出下列几类沉积体系(图 3):

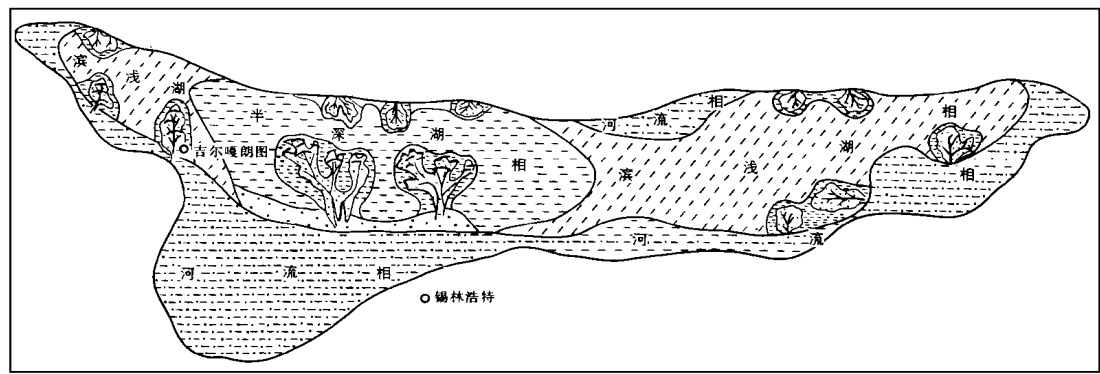


图 3 吉尔嘎朗图凹陷层序 S_B 的沉积体系分布图

3.2.1 陡岸水下扇体系

沿边界断层分布, 地震特征表现为: 帚状前积、楔状杂乱前积和楔状退积型结构。帚状前积是一种快速进积式沉积构型, 多出现在低水位体系域中, 指示了较陡的沉积坡度和较快的沉积物推进作用。楔状杂乱前积的楔状外型清晰, 由边界断层向深湖区迅速变薄, 内部反射杂乱, 成层性差, 对应于粗碎屑的快速沉积。楔状退积型结构的外形为楔状体, 内部结构呈退积型式, 反映出湖平面上升快于沉积供应时的地层结构特征(图 2), 主要出现在水进体系域。

3.2.2 进积型扇三角洲-浊积扇体系

利用三维地震剖面对前积结构作平面组合发现, 中洼槽西侧扇体由 3 个沉积朵叶体组成, 东侧扇体由 2 个较大的朵叶体和 1 个较小的朵叶体组成。

3.2.3 盆缘小型扇三角洲体系

沿着凹陷东、西洼槽的缓坡边缘, 发育着裙边状的小型扇三角洲体系, 物质供给源于南和西南方向。

4 层序内密集段的几何构型

4.1 几何构型

密集段是沉积作用缓慢、水体较深条件下形成的一段富含有机质、自生矿物、微量元素和古生物组合的岩性地层单元,是一个层序中的主要生油层段^[3]。在几何构型上,密集段主要表现为以下几种形式:

4.1.1 层序内部下超面

在层序内部发育特征明显的下超面时,往往可构成一个较大规模的密集段。前积下超面的存在,意味着前积层的前端及远端为沉积速率缓慢的细粒沉积物。

4.1.2 退积结构

退积结构代表着基准面迅速上升过程中,沉积作用向陆地方向退缩。退积结构的底部和前端应是密集段和生油岩发育的区带。

4.1.3 最大上超面

地层超覆多形成于水域扩张过程,当水域扩展到最大时,上起点也向陆地方向沿伸最远,此时,盆地中心细粒沉积物发育。

密集段形成于最大水进期,在测井曲线形态上,表现为由退积序列向进积序列的转换,对应于厚层泥岩段。

4.2 组合型式

4.2.1 纵向组合

作为生油层的密集段,其厚度、有机质丰度和分布范围,均受层序形成时的水深、气候和物源等条件控制。每一个三级层序都形成在一个特定的二级基准面变化背景之上,三级层序间的组合关系可分为 3 种类型:水体加深时的退积叠置、水体变浅时的进积叠置和水体稳定时的加积叠置。相应地,不同层序的密集段也呈现出规律性变化,表现在厚度上,有逐层减薄、逐层增厚和基本稳定 3 种形式;表现在有机质含量上,有向上逐层减小、逐层增大和基本不变 3 种情况。图 4 不同层序密集段之间的组合型式很好地反映了这种变化规律。

4.2.2 平面叠置

随着凹陷内沉积中心的迁移,密集段的分布也发生变化。在吉尔嘎朗图凹陷,层序 SA—SB(阿尔善组至腾一段下部)沉积时期,沉积中心受双断式洼槽控制,密集段分布于中洼槽区。在层序 SC,SD 发育期,沉积中心转移至中洼槽东部,密集段在洼槽东部发育较好,而西部则发育粗碎屑沉积。在层序 SE 发育期,沉积中心再次向西转移,密集段也相应西迁,洼槽东部泥岩不发育。

参 考 文 献

1 华北油田石油地质志编写组. 中国石油地质志,卷五:华北油田. 北京:石油工业出版社,1988. 489~ 568

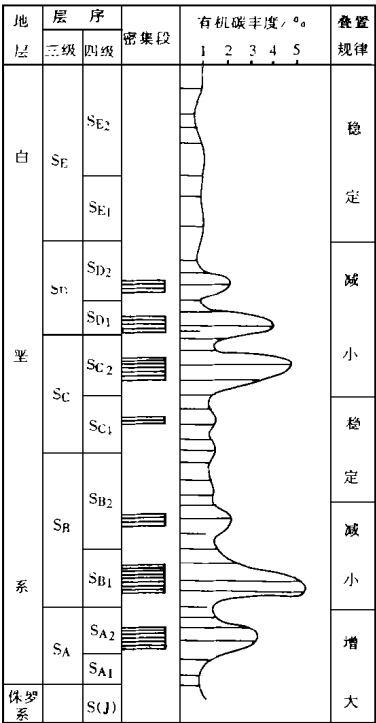


图 4 吉尔嘎朗图凹陷密集段
有机质丰度的变化趋势

- 2 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 89~ 97
- 3 Loutit T S, Hardenbol J, Vail P R, et al. Condensed section: the key to age dating and correlation of continental margin sequences. In: Wilgus C K, Hastings B S, Kendall C G, et al, ed. Sea-level changes: an integrated approach. SEPM Special Publication, 1988, (42): 183~ 217

GEOMETRIC ARCHITECTURE OF SEDIMENTARY SEQUENCE IN JIRGALONGTU DEPRESSION

Fan Tailiang

(*China University of Geosciences, Beijing*)

Zhu Ling

(*Institute of Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing*)

Abstract

The geometric architectures of depositional sequences in fault-depressions play an important role in the analysis of sequence stratigraphy. According to its geometric architectures, the Sahantala Formation of the Jurassic-Cretaceous in Jirgalangtu Depression, Erlian Basin could be classified into ten seismic sequences of third grade, which in turn constitute three supersequences. The shapes of the sequences are box-like, wedge-shape and sheet-drape in ascending order. The sequence boundaries varied from bilateral fault $\rightarrow$ monoclinical fault overlap $\rightarrow$ marginal overlap types, corresponding respectively to the fracture subsidence, depression and filling stages of the basin. The Jirgalangtu Depression is composed of low level, water inflow and high level configurations and contains abrupt slope subaqueous fan system, prograding fan delta - turbidite fan system and marginal minor fan-delta system. The combination of the three sequences includes retrograding, prograding and aggrading types. It is proposed in this paper that the geometric architectures of sequences could reveal the process of sequence dynamics, the deposition property and evolution process of the basin.