

文章编号: 1009-3850(2011)03-0028-05

四川通江-南江-巴中地区长兴组层序地层特征及演化模式

郭川¹ 李国蓉^{1,2} 杨莹莹¹ 解发川¹ 董文玉¹

(1. 成都理工大学能源学院, 四川 成都 610059; 2. “油气藏地质与开发工程”国家重点实验室, 成都理工大学, 四川 成都 610059)

摘要: 本文以 Vail 的经典层序地层学和 Cross 的高分辨率层序地层学理论方法为指导, 通过对层序界面、相序、叠置结构、测井曲线等标志的综合识别分析, 将研究区长兴组划分为两个三级层序。在长兴组三级层序格架剖面建立的基础上, 建立了长兴组层序地层演化模式, 并从层序演化的角度探讨了长兴组沉积时期礁滩体的发育分布规律。

关键词: 长兴组; 层序地层; 演化模式; 通江-南江-巴中地区

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

通江-南江-巴中地区长兴组生物礁地层为普光大气田的主力层之一, 前人对其做了一定程度的研究^[1-5], 但对长兴组层序格架内地层演化研究较少。本文在对该地区长兴组层序地层划分的基础上, 对长兴组层序地层特征及演化模式进行分析。

1 研究区长兴期的构造及沉积背景

中国南方由于受构造运动与全球海平面升降变化的影响, 震旦纪至中三叠世期间, 华南大陆聚合形成华南海块。其后古特提斯洋盆封闭、碰撞, 产生了加里东构造旋回和早印支-海西构造旋回两个主要构造旋回^[6], 分别对应两个一级层序旋回。长兴组的沉积主要发生于第二个沉积旋回的中后期, 属于泥盆纪至中三叠世的古特提斯洋封闭碰撞阶段, 处于古特提斯构造活动发展的最活跃时期。此外, 长兴组也属于晚二叠世至中三叠世构成的二级层序^[6,7], 其顶底界面分别以印支运动和东吴运动所形成的区域性构造不整合面为界。该二级层序的海侵体系域由上二叠统吴家坪组(龙潭组)和长兴组(大隆组)构成。在海侵体系域时期, 海岸线向康滇古陆后退, 陆相沉积范围逐渐缩小; 高水位体系域则由中下三叠统构成, 在此期间, 海平面持续下降。其后受印支运动的影响, 区域抬升成陆, 该二级层序结束。印支运动促使四川地区形成西

部地槽区和东部地台区的格局, 四川东部地台区处于比较平静的构造环境中, 物源主要来自川东北地区西南方向的康滇古陆和西北方向的秦岭造山区。长兴组沉积时期, 由于拉张运动造成川东北地区具有“两台-两槽”的特征(图1)。

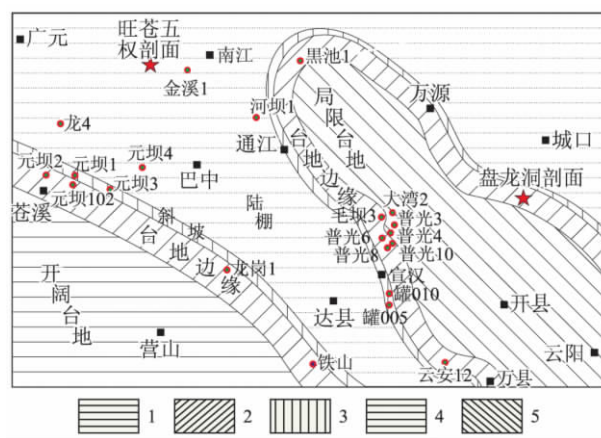


图1 四川盆地东北部长兴组时期沉积格局

1. 开阔台地; 2. 台地边缘; 3. 斜坡; 4. 陆棚; 5. 局限台地

Fig. 1 Sedimentary framework of northeastern Sichuan basin during the deposition of Changxing Formation

1 = open platform; 2 = platform margin; 3 = slope; 4 = continental shelf; 5 = restricted platform

2 三级层序地层划分

层序为由不整合面或者与其可对比的整合面限定的一套成因上有联系的、相对整合的地层^[8-9]。不同类型层序的发育特征存在差异,因此可以将其作为层序划分的主要依据。前人已对川东北地区长兴组层序进行了大量的研究,陈洪德、牟传龙、马永生等(2005)将川东及川东北地区长兴组划分为两个三级层序。本文也将长兴组划分为两个三级

层序,自下而上分别称为下部三级层序(SQ1)、上部三级层序(SQ2)。

2.1 层序地层格架特征

在对沉积格局和单井层序划分的基础上,运用层序地层学原理,通过关键界面的控制作用,开展区内长兴组三级层序和高分辨率层序对比,建立起它们的三级层序和高分辨率层序格架(图2)。通过分析总结出区内长兴组三级层序和高分辨率层序格架具有如下特征:

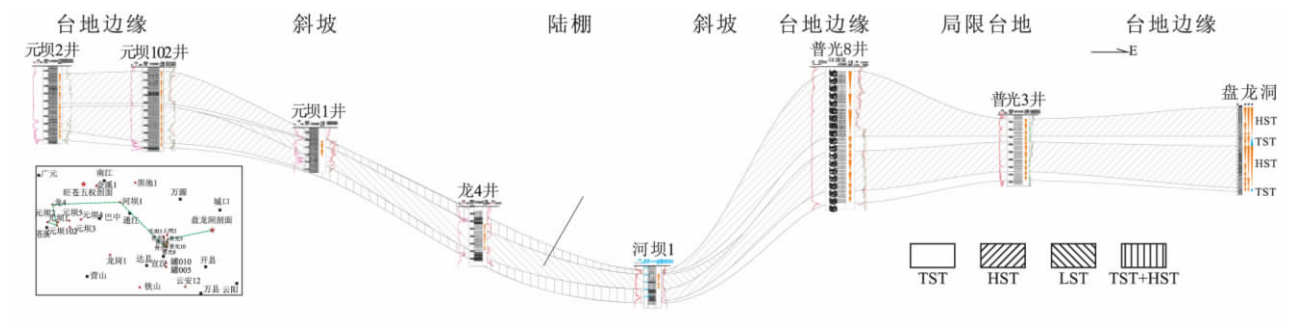


图2 通-南-巴地区长兴组三级层序地层格架图

Fig. 2 Third-order sequence stratigraphic framework of the Changxing Formation in the Tongjiang-Nanjiang-Bazhong zone

(1) 区内长兴组可划分为两个三级层序,两个三级层序的顶界面均为I型层序界面,其标志为区内开阔台地和台地边缘相区剖面上受三级层序不整合控制的大气水溶蚀改造强烈或较为强烈。下部三级层序的底界面为长兴组与龙潭组或大隆组与吴家坪组的分界面,为岩性转换面。

(2) 受区内长兴组沉积格局演化及控制,在不同的沉积时期,不同相区发育不同的层序地层。长兴组下部三级层序沉积时期,通-南-巴地区不同相区均发育海侵体系域和高水位体系域;而在上部三级层序沉积时期,台地-台地边缘相区仍发育海侵体系域和高水位体系域。斜坡-陆棚相区除了发育海侵体系域和高水位体系域外,在下部层序沉积早期,陆棚相区还沉积了低水位体系域,且表现为西部发育范围广,东边范围窄的特征。

(3) 由于短时间快速海侵和长时间缓慢海退的特征,区内长兴组两个三级层序的海侵体系域的沉积厚度明显小于高水位体系域的沉积厚度(即 $T < H$)。

(4) 区内不同相带三级层序发育的沉积物厚度存在着差异,显现出由台地内部→台地边缘→斜坡,层序厚度存在由小→大→小的规律变化,且在横向上具有较好的可对比性。

2.2 层序地层特征

通-南-巴地区长兴组各层序及体系域特征具有

很明显的规律性(表1)。长兴组下部三级层序不发育低水位体系域。上部三级层序沉积早期,陆棚相区发育低水位体系域,主要以沉积灰岩、泥灰岩及硅质灰岩为主。在海侵体系域时期,长兴组两个三级层序的台地内部沉积物比较类似,主要以沉积泥灰岩及灰岩为主;海侵体系域时期,下部三级层序长兴组不发育台地边缘相,上部三级层序发育台地边缘相,沉积物主要以灰岩、生屑灰岩及礁灰岩为主;斜坡相主要以沉积灰岩、泥灰岩及硅质灰岩为主;陆棚相主要以沉积硅质岩、硅质页岩及含泥灰岩为主。在高水位体系域时期,台地内部主要以沉积灰泥岩及含泥灰岩为主;

台地边缘相主要以沉积灰岩、生屑灰岩、礁灰岩、礁云岩及白云质为主;斜坡相主要以泥灰岩及硅质灰岩为主;陆棚相沉积物与海侵时期类似。

3 层序地层控制因素及层序演化模式

3.1 层序地层控制因素探讨

通-南-巴地区长兴组层序地层在演化过程中受到包括构造、海平面变化、气候等多种因素的影响。

(1) 构造

长兴组沉积时期,通-南-巴地区的构造活动总体并不活跃,层序地层演化主要受沉积盆地基底沉降的影响。该地区在构造演化过程中发育多条基底断裂,长兴组沉积时期其沉积作用明显受到这些基

表1 通-南-巴地区长兴组三级层序及体系域发育特征

Table 1 Third-order sequence stratigraphy and systems tracts in the Changxing Formation in the Tongjiang-Nanjiang-Bazhong zone

		台地内部	台地边缘	斜坡	陆棚
SQ2	HST	灰岩、含泥灰岩	灰岩、生屑灰岩、礁灰岩、礁云岩、白云质灰岩、灰质白云岩、白云岩	泥灰岩、硅质灰岩、含泥灰岩	硅质岩、含泥灰岩
	TST	泥灰岩、灰岩	灰岩、生屑灰岩、礁灰岩	泥灰岩、含泥灰岩	硅质岩、含泥灰岩
	LST	——	——	——	灰岩、泥灰岩、硅质灰岩
SQ1	HST	灰岩、含泥灰岩	灰岩、生屑灰岩、礁灰岩、礁云岩、白云质灰岩、少量生屑云岩及白云岩	泥灰岩、硅质灰岩、硅质灰岩	硅质岩、硅质页岩
	TST	泥灰岩、灰岩、含泥灰岩	——	灰岩、泥灰岩、硅质灰岩	硅质岩、硅质页岩
典型井剖面		普光 2、3、4	普光 8、龙岗 1、元坝 102、盘龙洞剖面	元坝 1、元坝 3	河坝 1、龙 4

底断裂的影响。位于开江-梁平陆棚两侧的台地受不同断裂的控制,其沉积作用也存在差异,表现为沉积物堆积过程中陆棚东边的台地具有更高的沉降速率。

(2) 海平面变化

全球海平面变化与沉积盆地基底沉降速率的函数即为相对海平面变化。相对海平面变化是控制层序地层演化的重要因素,主要控制着层序界面的类型和层序内部结构特征两个方面。

长兴组两个三级层序的顶界面皆为 I 型层序界面,为一个区域性的不整合面,是全球海平面下降速度大于沉积滨线坡折带沉积盆地沉降速率时产生的,即由海平面相对下降在沉积滨线坡折带产生的。在相对海平面下降过程中,台地内部及其边缘区域通常会出露水面,接受大气水淋滤溶蚀^[8]。区内盘龙洞剖面两个三级层序的顶界面附近溶蚀孔洞发育,指示界面为 I 型层序界面。下部长兴组底界面为一个岩性岩相转换面,表明该地区未发生暴露剥蚀。

(3) 气候

一个层序中地层单元的几何形态和岩性受构造沉降、全球海平面升降、沉积物供给速率和气候变化等 4 个基本因素的控制。其中气候控制了沉积物类型以及沉积物的沉积数量^[8]。

长兴组沉积时期,通-南-巴地区处于潮湿气候背景,陆棚东边沉积物以灰岩、礁灰岩、礁云岩及白云岩为主;西边沉积物以灰岩、生屑灰岩、礁灰岩及白云岩为主。

3.2 层序地层演化模式

通过对通-南-巴地区长兴组层序地层及其影响因素的研究,从而建立起该区长兴组层序地层演化

模式(图 3、图 4)。

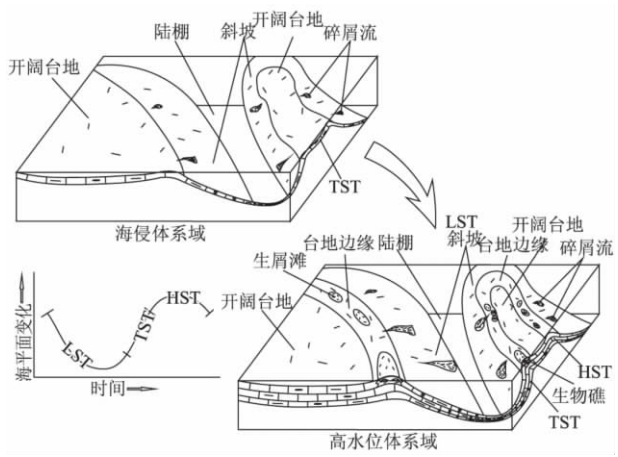


图3 通-南-巴地区长兴组下部三级层序演化图

Fig. 3 Model for the evolution of third-order sequences in the lower part of the Changxing Formation in the Tongjiang-Nanjiang-Bazhong zone

(1) 下部三级层序海侵体系域

长兴组下部三级层序海侵体系域时期,相对海平面上升,沉积环境水体变深。随着海平面上升越过陆棚坡折,开江-梁平陆棚两侧均未表现出台地边缘的特征,而显缓坡特征。该时期通-南-巴地区主要发育开阔台地、斜坡及陆棚相,以台地内部不发育礁滩相为主要特征。

(2) 下部三级层序高水位体系域

高水位体系域时期,海平面由相对上升转变为相对下降,之前的缓坡模式逐渐转变为台地边缘模式,具有高点优势的台地边缘长时间处于碳酸盐岩“工厂”带,台地边缘礁滩相大规模发育。区内开江-梁平陆棚两侧台地边缘和城口-鄂西陆棚西侧台地边缘表现出不同的特征。开江-梁平陆棚西侧台

地边缘西北部以发育生屑滩为主,向东南方向逐渐演变为以发育生物礁相为主。东侧台地边缘向陆棚方向坡度较大,与西侧台地边缘相比,其礁滩体发育的规模相对较小,但厚度较大。城口-鄂西陆棚西侧台地边缘的礁滩体发育特征与之类似,相比之下,开江-梁平陆棚西侧的礁滩体等储层的储集性能更好。此外,高水位体系域时期台地边缘沉积物常因一些突发性的巨大事件,引起碳酸盐岩台地边缘遭受破坏。因破坏而形成的碳酸盐岩碎屑,主要在重力作用下,顺斜坡向下移动,之后在斜坡和陆棚处沉积下来^[10,11,12]。

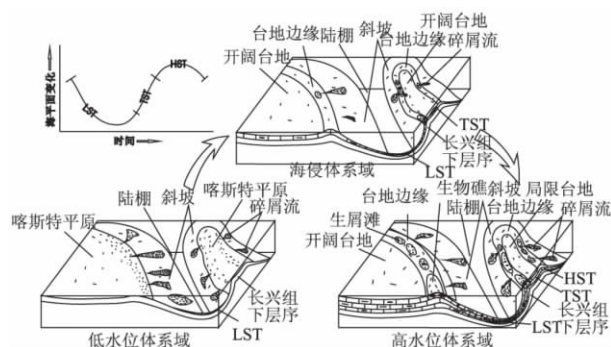


图4 通-南-巴地区长兴组上部三级层序演化图

Fig. 4 Model for the evolution of third-order sequences in the upper part of the Changxing Formation in the Tongjiang-Nanjiang-Bazhong zone

(3) 上部三级层序低水位体系域

在下部三级层序低水位时期,由于前期的沉积物充填及海平面的下降,研究区陆棚相区范围有所缩小。碳酸盐岩台地出现大面积的暴露并接受风化剥蚀,大量的碎屑物质沿着下切河谷搬运到陆棚相区沉积,构成海平面相对下降形成的下部前积楔和海平面相对上升时期形成的上部前积楔及深切谷。

(4) 上部三级层序海侵体系域

低水位体系域发育之后,海平面迅速上升,沉积环境水体变深。与下部三级层序海侵体系域相比,开江-梁平陆棚两侧均出现台地边缘的特征。其中陆棚西侧台地边缘发育一定规模的生屑滩,东侧台地边缘除发育小规模的生屑滩,还发育一定规模的生物礁相。

(5) 上部三级层序高水位体系域

高水位体系域时期,与下部三级层序的高水位体系域相比,上部三级层序的沉积特征有所不同。开江-梁平陆棚西侧台地边缘与上部三级层序体系域时期相比,自西北向东南方向仍出现由生屑滩向

生物礁转变的特征,但生物礁发育规模更大。东侧台地边缘该时期生物礁的发育规模也变大,城口-鄂西陆棚西侧台地边缘高水位时期主要发育生屑滩相,此时东侧台地边缘的储层物性更好。

4 结论

通江-南江-巴中地区长兴组发育两个三级层序,下部三级层序发育海侵体系域和高水位体系域,上部三级层序发育低水位体系域、海侵体系域和高水位体系域。层序地层在演化过程中受到构造、海平面及气候等多种因素的控制,且礁滩体的发育与层序地层的演化密切相关。下部三级层序高水位体系域时期,开江-梁平陆棚两侧和城口-鄂西陆棚西侧的台地边缘礁滩相发育,其中开江-梁平陆棚台地边缘西侧的礁滩体发育最好,其储集性能较好;上部三级层序海侵体系域时期,开江-梁平陆棚西侧和城口-鄂西陆棚西侧的台地边缘发育生屑滩,开江-梁平陆棚东侧台地边缘发育礁滩相。该时期区内储集体主要发育于生物礁相,其储集性能差;上部三级层序高水位体系域时期,开江-梁平陆棚两侧和城口-鄂西陆棚西侧台地边缘礁滩相比上部三级层序高水位时期更为发育,其中开江-梁平陆棚台地边缘东侧的礁滩体发育最好,其储集性能好。由此可见,在层序格架内预测礁滩体的分布对于进一步的油气勘探是一种较为有效的手段。

参考文献:

- [1] 段金宝,黄仁春,程胜辉,等.川东北元坝地区长兴组飞仙关期碳酸盐岩台地沉积体系及演化[J].成都理工大学学报(自然科学版),2008,35(6):663-668.
- [2] 牟传龙,马永生,谭钦银,等.四川通江-南江-巴中地区长兴组-飞仙关组沉积模式[J].地质学报,2007,81(6):820-826.
- [3] 马永生,牟传龙,郭彤楼.四川盆地东北部长兴组层序地层与储层分布[J].地学前缘,2005,12(3):179-185.
- [4] 马永生,牟传龙,郭旭升,等.川东北地区长兴组沉积特征与沉积格局[J].地质论评,2006,52(1):25-29.
- [5] 马永生,牟传龙,郭彤楼,等.四川盆地东北部长兴组层序地层与储层分布[J].地学前缘,2005,12(3):179-185.
- [6] 刘宝珺,许效松,潘杏南,等.中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿[M].北京:科学出版社,1994.
- [7] 王成善,李祥辉,陈洪德,等.中国南方二叠纪海平面变化及升降事件[J].沉积学报,1999,17(4):536-541.
- [8] 朱筱敏.层序地层学[M].北京:石油工业出版社,2000.
- [9] VAIL P R, AUDEMARD F, BOWMAN S A et al. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology: an overview [A]. Einsele G, Ricken W, Seilacher A. Cycles and Event in

- Stratigraphy [C]. Berlin ,Heidelberg: Springer-Verlag ,1991. 617 – 659.
- [10] 冯增昭. 碳酸盐岩岩相古地理学[M]. 北京: 石油工业出版社 ,1989.
- [11] Robert G Loucks ,Frederick Sarg. 碳酸盐岩层序地层学—近期进展及应用[M]. 马永生 ,刘波 ,梅冥相 ,等(译). 北京: 海洋出版社 ,2003.
- [12] 马永生 ,梅冥相 ,陈小兵 ,等. 碳酸盐岩储层沉积学[M]. 北京: 地质出版社 ,1999.

Sequence stratigraphy and evolutionary models for the Changxing Formation in the Tongjiang–Nanjiang–Bazhong zone , Sichuan

GUO Chuan¹ , LI Guo-rong^{1,2} , YANG Ying-ying¹ , XIE Fa-chuan¹ , DONG Wen-yu¹

(1. *College of Energy Resources , Chengdu University of Technology , Chengdu 610059 , Sichuan , China*; 2. *State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation , Chengdu University of Technology , Chengdu 610059 , Sichuan , China*)

Abstract: Two third-order sequences have been distinguished for the Changxing Formation in the Tongjiang–Nanjiang–Bazhong zone , Sichuan according to the theories of the classical sequence stratigraphy by Vail and high-resolution sequence stratigraphy by Cross , in integration with field outcrops , cores and well logs. The sequence stratigraphic models are presented herein on the basis of sequence stratigraphic framework of the Changxing Formation , and the development and distribution of the Changxingian shoals are explored in the light of sequence evolution. The results of research may be significant for further hydrocarbon exploration in the study area.

Key words: Changxing Formation; sequence stratigraphy; evolutionary model; Tongjiang–Nanjiang–Bazhong zone