

文章编号 :1000-0550(2001)02-0263-08

吐哈盆地侏罗系层序地层学研究^①

沈守文¹ 彭大钧² 颜其彬¹ 黄先律² 李志军³

1(西南石油学院 四川南充 637001) 2(成都理工学院 成都 610059)

3(吐哈油田物探研究所 新疆哈密 839000)

摘要 吐哈盆地侏罗系是一个盆地充填层序(一级层序),包括 4 个构造层序(二级层序),分别与侏罗纪湖盆的 4 个演化阶段(稳定沉降阶段、短期收缩阶段、扩张阶段和萎缩阶段)相对应,其中又分为 13 个(三级)层序。与海相地层不同的是,本区识别出了 4 种层序边界类型(A 型、B 型、C 型和 D 型),其对应的层序本文分别称之为冲积层序、淹没层序、类 I 型层序和类 II 型层序。冲积层序形成于构造剧烈抬升时的盆地萎缩阶段,淹没层序形成于构造沉降迅速时的盆地扩张阶段。

关键词 层序地层 可容空间 微量元素 侏罗系 吐哈盆地

第一作者简介 沈守文 男 1958 出生 副教授 博士 矿物岩石学和石油地质学

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

1 地质概况

吐哈盆地是吐鲁番—哈密盆地的简称,位于新疆东部,西起喀拉乌成山,东至梧桐窝子泉附近,北依博格达山和哈尔里克山,南抵觉罗塔格山(图 1)。东西长约 600 km,南北宽 60~130 km,总面积约 53 000 km²。吐哈盆地划分为三个一级构造单元,即北部拗陷带、艾丁湖斜坡和南湖隆起。盆地基底为前二叠系,其上二叠系及中生界沉积盖层发育齐全。吐哈盆地蕴藏着丰富的油气资源,已建成的吐哈油田其主体位于台北凹陷。

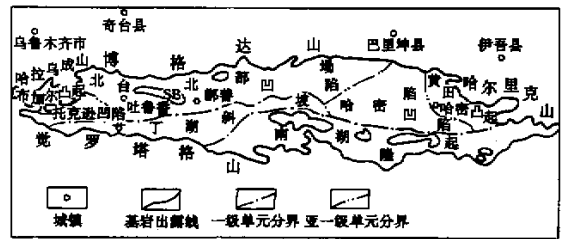


图 1 吐哈盆地地理位置及构造单元划分

Fig. 1 Location map of Turpan-Hami basin and tectonic elements

2 层序地层单元的划分

根据陆相盆地的沉积特点,参照 Van Wagoner 的层序级别划分^[1]和李思田的陆相层序地层单元划分^[2],本文将陆相层序划分为 6 级。由大到小依次为盆地充填层序、构造层序、层序、准层序组、准层序和小层单元。其划分依据及特征见表 1。

3 盆地充填层序(basin-fill sequence)

李思田等指出,盆地充填序列(层序)是沉积盆地基底以上的全部盖层充填^[2]。笔者考虑到世界上的多数大型盆地都是叠合盆地,即由一系列不同的盆地原型叠合而成。这些盆地原型由于成因类型不同,导致层序样式及构造样式亦各不相同。因此本文将组成叠合盆地的每一个盆地原型的沉积充填划归为一个盆

地充填层序。吐哈盆地侏罗系地层代表了一个原型盆地的完整发育过程,构成一个盆地充填层序(一级层序)。

4 构造层序(tectonic sequence)

构造层序类似于大地构造学中的构造层,与 Exxon 术语体系中的 supersequence(超层序)含义相近。构造层序是被沉积盆地中大面积不整合面所分割的二级层序单元,它代表了在基本相同构造环境下形成的一套成因上有联系的地层系列,通常与一个盆地原型不同成盆阶段相对应。吐哈盆地侏罗系其底部和顶部分别与中上三叠统和白垩系呈区域性不整合接触,其内部还有西山窑组四段(J₂x⁴)与西山窑组三段

① 由“油气藏地质及开发工程国家重点实验室”开放基金项目(PLN9722)资助

表 1 层序级别划分及其特征

Table 1 Definition and characteristics of different order sequences

层序级别	层序单元	定义	成因	时限/Ma	界面特征
低频层序	一级	盆地充填层序	原型盆地内的全部沉积地层充填序列	视原型盆地延时而定	不整合范围跨越盆地
	二级	构造层序	由一级古构造运动面所划分的地层序列	> 10	不整合分布于盆地大部分
	三级	层序	一套以不整合及与其对应的整合为界的相对整齐的彼此有成因关系的地层	2 ~ 10	不整合分布在盆地局部区域
高频层序	四级	准层序组	以明显的洪泛面或与其可对比的界面为界的,彼此有成因关系的层序	0.4 ~ 1.5	主要洪泛面及古土壤
	五级	准层序	以洪泛面或与其可对比的界面为界的,彼此有成因关系的层或层组	0.1	洪泛面及古土壤
	六级	小层单元	一套以侵蚀面、无沉积或与其可对比的整合为界的,彼此有成因关系的岩性层	0.02 ~ 0.04	侵蚀面或相变面

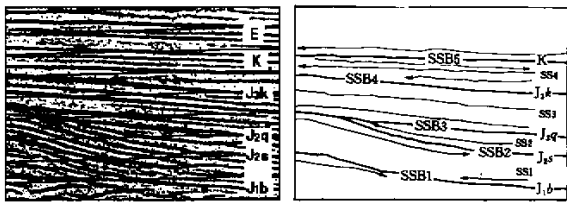


图 2 地震剖面 T86—261 构造层序解释

Fig.2 Explanation of Seismic section(T86—261)

(J_2x^3) 之间、七克台组 (J_2q) 与三间房组 (J_2s) 之间、喀拉扎组 (J_3k) 与齐古组 (J_3q) 之间的不整合。以这 5 个不整合面作为构造层序的界面 (SSB1、SSB2、SSB3、SSB4、SSB5) 将吐哈盆地侏罗系地层划分为 4 个构造层序。即 SS1、SS2、SS3、SS4 (图 2)。它们分别对应于侏罗纪湖盆 4 个不同的演化阶段。图 3 中所标注的 5 个构造事件,正好是本文构造层序边界所在的位置

(5 个边限定 4 个构造层序),这反映了构造运动对构造层序形成的控制作用。

构造层序 I (SS1) 包括侏罗系下统八道湾组和三工河组以及中统西山窑组。整个层序跨时约 34 Ma,代表了侏罗纪湖盆演化初期(稳定沉降阶段)的沉积。该层序形成的巨厚煤系是盆地的主要烃源岩。

构造层序 II (SS2),包括西山窑组四段和三间房组,代表了侏罗纪湖盆演化中期(短暂收缩阶段)的产物,跨时约 13 Ma。主要是以河流—三角洲相为主的砂泥岩沉积。该层序砂岩特别发育,是吐哈盆地油气储集的主要层段。

构造层序 III (SS3),包括侏罗系中统七克台组和上统齐古组,代表了侏罗纪湖盆演化中晚期(扩张阶段)的沉积。整个层序跨时约 17 Ma。该层序七克台组时期曾发生过广泛的湖侵,所形成的厚层泥岩是良

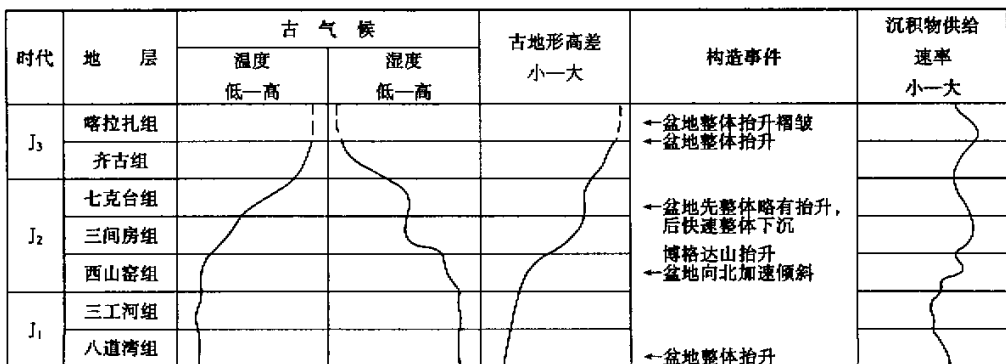


图 3 吐哈盆地侏罗纪古气候、古地形等因素的变化趋势(据刘里斌等,1995)^①

Fig.3 Palaeoclimate and palaeogeomorphology of Turpan - Hami basin during Jurassic(after Liu Libin,1995)

① 刘里斌等. 吐哈盆地沉积特征及储层评价. 科研报告,1995

表 2 吐哈盆地侏罗系层序划分及沉积特征

Table 2 Sequences and sedimentary characteristics of Jurassic in Turpan-Hami basin

地层	年龄 /Ma	厚度 /m	岩性剖面	颜色	沉积环境	气候	层序	体系域
K ₁	135							
J ₂	144	300	[岩性剖面]	红	河流、洪积扇	干	SB14	低水位+水进
					河流	干	SB13	低水位+水进
J ₁	152	634	[岩性剖面]	红	冲积扇、河流	干	SB12	低水位+水进
					洪积扇	干	SB11	高水位
					洪积扇	干	S10	水进
					洪积扇	干	SB10	水进
					洪积扇	干	S9	高水位
					洪积扇	干	SB9	水进
					洪积扇	干	S8	高水位
					洪积扇	干	SB8	水进
					洪积扇	干	S7	高水位
					洪积扇	干	SB7	水进
J ₁	161	436	[岩性剖面]	紫灰	三角洲、河流	干	S6	高水位
					三角洲	干	SB6	水进
					洪积扇	干	S5	高水位
					洪积扇	干	SB5	水进
					河流、三角洲	干	S4	低水位
					三角洲	干	SB4	高水位
					洪积扇	干	S3	水进
					三角洲	干	SB3	低水位
					河流	干	S2	高水位
					洪积扇	干	SB2	水进
J ₁	171	872	[岩性剖面]	紫灰	河流	湿	S1	高水位
					河流	湿	SB1	水进
J ₁	180	98	[岩性剖面]	紫灰	河流	湿	S1	低水位
					河流	湿	SB1	水进
J ₁	192	400	[岩性剖面]	紫灰	河流	湿	S1	低水位
					河流	湿	SB1	水进
T ₃	208			紫红				

对油气勘探具有实际意义。例如三间房组下段(J₂s¹)主要沉积为“红脖子”泥岩,中段(J₂s²)和上段(J₂s³)三角洲沉积发育。按照前人的划分方案^[3,4],三间房组中段和上段为高水位体系域,其三角洲应为进积(水退)型。而实际情况是“红脖子”泥岩之上有一个层序界面,在层序界面之上发育三角洲沉积,早期三角洲为退积型(水进、上超)(水进体系域),晚期为进积型(水退、下超)(高水位体系域)。同样的道理,对于西山窑组四段(J₂s⁴)地层,按照前人的划分方案,是高水位体系域,应发育进积型(水退)砂体,但在地震剖面上的实际情况是具有明显的上超特征,发育退积(水进)型砂体,是低水位体系域晚期的沉积,其上是三间房组下段(J₂s¹)的“红脖子”泥岩(水进体系域)。由此看来,不同的层序划分方案,将导致对储集砂体分布形式的不同认识,从而影响岩性预测和油气勘探。

6 可容空间变化分析

可容空间变化是形成沉积层序的本质因素。在时间进程中,随着可容空间的周期性变化,沉积物的堆叠样式以及沉积体系域的发育也呈现为周期性的变化。从理论上讲,层序边界是在可容空间增长速率相对缓慢期间形成的。因此描绘可容空间的演化历史是划分层序级次、进行层序对比的一种较为客观的方法。目前,分析可容空间的最重要方法是 Fischer 图解法。绘制 Fischer 图解应注意两点:其一, Fischer 图解法要求地层剖面以旋回层序单元为基本单位,而不同的人在对旋回层序单元时,因对旋回级次及成因等有着不同的认识,可能所划旋回数不相等。P. M. Sadler 等人证明,在旋回数大于 50 的地层剖面上,即使不同的人所划旋回数有些差异,但图解的基本特征不会有太大变化。其二, Fischer 图解法要求旋回层序单元厚度应为沉积时的厚度,以便真实地反映出沉积物实际可容空间变化。本文将研究区参数井(TC2 井)的侏罗系地层剖面,从层序 S3(未见底)至层序 S12 划分出 154 个小旋回单元,并根据孔隙度—深度关系对各小旋回单元厚度进行了压实校正。在求得各小旋回单元原始厚度后,绘制了 Fischer 图解曲线(图 4)。从图 4 中可以明显看出,TC2 井侏罗系存在 4 个大的可容空间变化旋回,平均跨时约 18.2 Ma,由二级层序形成,与本文所划分的 4 个构造层序吻合,同时还存在 10 个次级旋回,平均跨时约 4.2 Ma,分别与本文(三级)层序 S3 至 S12 吻合。每个层序又包含 10~30 个小旋回单元(高频旋回)跨时 20 万年左右,介于米兰科维奇天文旋回的偏心率周期(40~10 万年)之间,与天文驱动的古气候变迁所引起的湖平面高频振荡有关。

好的区域性油气盖层。

构造层序 IV(SS4)位于喀拉扎组顶底不整合面之间,仅包含喀拉扎组地层,代表了侏罗纪湖盆演化晚期(萎缩消亡阶段)的沉积。由于侏罗纪末期,博格达山逆冲推覆加强,沉积范围进一步缩小,加之气候日趋干旱,喀拉扎组沉积以紫红色的冲积扇、河流相砂砾岩为主。该层序持续时间约 9 Ma。

5 层序(sequence)

笔者依据局部不整合、可容空间变化、沉积旋回、地震剖面及测井曲线特征综合分析,将吐哈盆地侏罗系 4 个构造层序划分为 13 个层序(表 2),平均跨时约 5.6 Ma。从表 2 中可以看出,不少层序界面出现在地层单位“组”内部,也就是说不少层序打破了组的界线,这正是层序地层学研究层序与传统地层学和沉积学研究沉积旋回和进行地层划分的不同之处。对吐哈盆地侏罗系地层层序的仔细划分,不仅具有理论意义,而且

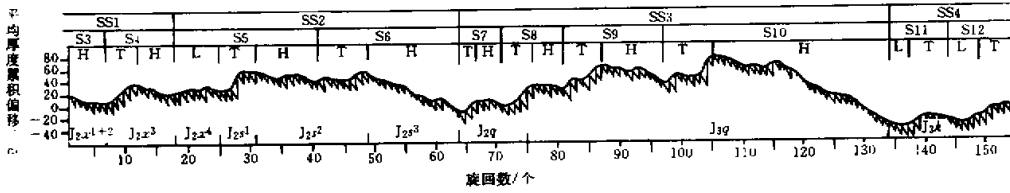


图 4 TC2 井侏罗系地层 Fischer 图解(可容空间变化)曲线

Fig.4 Fischer plot of Jurassic Formations of Well TC2

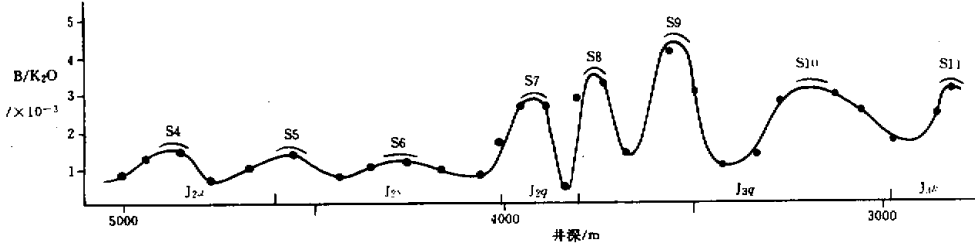


图 5 TC2 井侏罗系地层硼(B)与氧化钾(K₂O)比值变化曲线

Fig.5 B/K₂O of Jurassic Formations of Well TC2

7 地层微量元素分布的旋回特征

在沉积作用过程中,沉积物与介质之间存在着复杂的地球化学平衡,如沉积物与介质之间的物质交换,沉积物对某些元素的吸附等。这种交换或吸附作用除与元素本身性质有关外,还受到沉积环境的物理化学条件的影响,因此在不同环境中,元素的分散与聚集规律也不相同。在岩相古地理研究中,利用 B 含量及 B/K₂O 比值的变化来区分淡水相和咸水相,是常用方法之一。笔者统计了 TC2 井侏罗系地层的 B/K₂O 比值的相对变化(图 5),从图 5 中可以看出 B/K₂O 比值具有旋回性。这种旋回性表明了盆地水体深浅和沉积环境的周期变化。图 5 显示了 8 个旋回,正好分别与层序 S4 至 S11 相对应。这一方面验证了层序划分的正确性,另一方面也显示了地层化学元素分布特征作为层序识别标志的客观性和可行性。由于 B/K₂O 比值增加指示相对咸化,反之相对淡化。笔者认为,在滨岸地带,沉积物 B/K₂O 比值高说明主要受湖水影响,即代表水进及高水位早期的沉积,比值低说明主要受河流淡水影响,即代表低水位及高水位晚期的沉积。在滨外地区,比值高则说明湖水浓缩咸化,代表低水位及高水位晚期的沉积,反之说明湖水扩张淡化,代表水进及高水位早期的沉积。

8 层序边界及层序类型的识别

在吐哈盆地侏罗系地层中,共识别出 14 个层序边

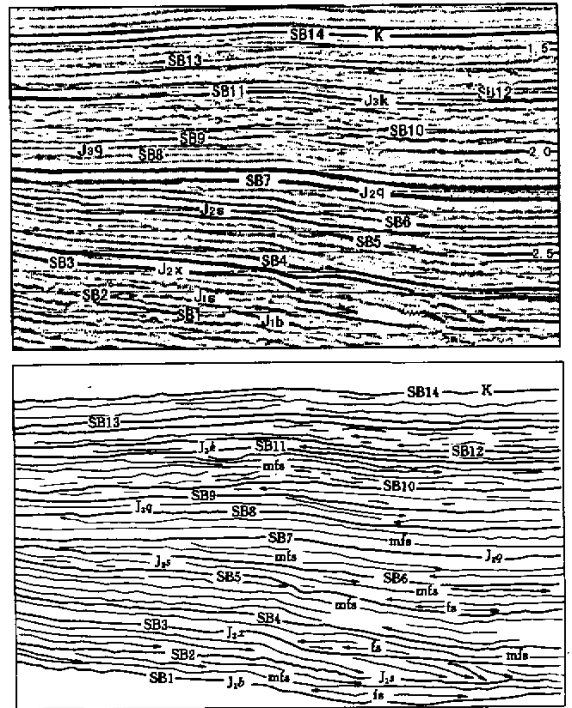


图 6 地震剖面 T86—193(上)及其层序解释(下)

SB.层序边界 fs.初始洪泛面 mfs.最大洪泛面;

Fig.6 Seismic section T87—193 (upper) and its sequence interpretation (lower)

SB. sequence boundary ; fs. first flooding surface ;

mfs. maximum flooding surface

界。在地震剖面上,它们均表现为界面之上的上超或界面之下的削截,或两者兼而有之(图 6)。其中顶底 2 个是超越盆地范围的区域性不整合面,属于(一级)盆地充填层序的边界。侏罗系内部西山窑组四段(J_2x^4)与西山窑组三段(J_2x^3)之间、七克台组与三间房组之间、喀拉扎组与齐古组之间的分界面,是(二级)构造层序边界,为盆地内的大面积不整合面。其余均为(三级)层序边界,是局部不整合面或相对应的整合界面。

P.R. Vail 等人认为,在具陆棚坡折的被动大陆边缘背景下,发育两种不同类型的层序边界(I 型和 II 型)。但陆相盆地有其特殊性,不能套用海相模式。笔者根据吐哈盆地的实际,归纳出 4 种界面模式(A 型、B 型、C 型和 D 型)。A 型界面是在湖盆干枯时形成的(如图 6 中的 SB11),其上发育冲积扇和河流相低水位体系域沉积(吴因业等称之为冲积体系域,纪友亮等称之为非湖泊体系域)。其对应的层序本文称之为冲积层序,它形成于构造剧烈抬升时的盆地萎缩阶段(图 7(1))。B 型界面是在湖平面下降到滨线坡带之下形成的,但随后发生了迅速的湖侵,使之缺失低水位体系域沉积(如图 6 中的 SB7)。其对应的层序本文称之为淹

没层序,它通常形成于潮湿气候或构造沉降迅速时的盆地扩张阶段(图 7(2))。实际上,冲积层序和淹没层序在其它陆相盆地中也存在,只是许多研究者没有把它们总结为层序界面类型和层序类型而已。C 型界面也是在湖平面下降到滨线斜坡带之下形成的,其上有湖底扇和下切谷充填等低水位体系域的沉积,与 Vail 等人模式的 I 型界面类似(如图 6 中的 SB5)。其对应的层序本文称之为类 I 型层序。D 型界面是在湖平面下降时期形成的,但滨线坡折未暴露,其上发育水进体系域,无低水位体系域,与 II 型界面有些类似(如图 6 中的 SB8)。其对应的层序本文称之为类 II 型层序。D 型和 B 型层序都缺失低水位体系域,不同的是层序界面之上的水进型式,D 型是渐进的,而 B 型是快速的和突发性的。另外,B 型界面形成时,湖平面已下降到滨线坡折之下,所以界面上下的沉积相具有突变的特点,而 D 型界面上下的沉积相多为渐变关系。这 4 种层序模式,反映了陆相层序与海相层序的差异,特别是 A 型和 B 型层序代表了湖水大面积干枯和湖水位迅速上涨淹没两种极端情况,这与海相层序有着根本的不同。其原因是陆相湖盆水域小、物源近、物源多,更易

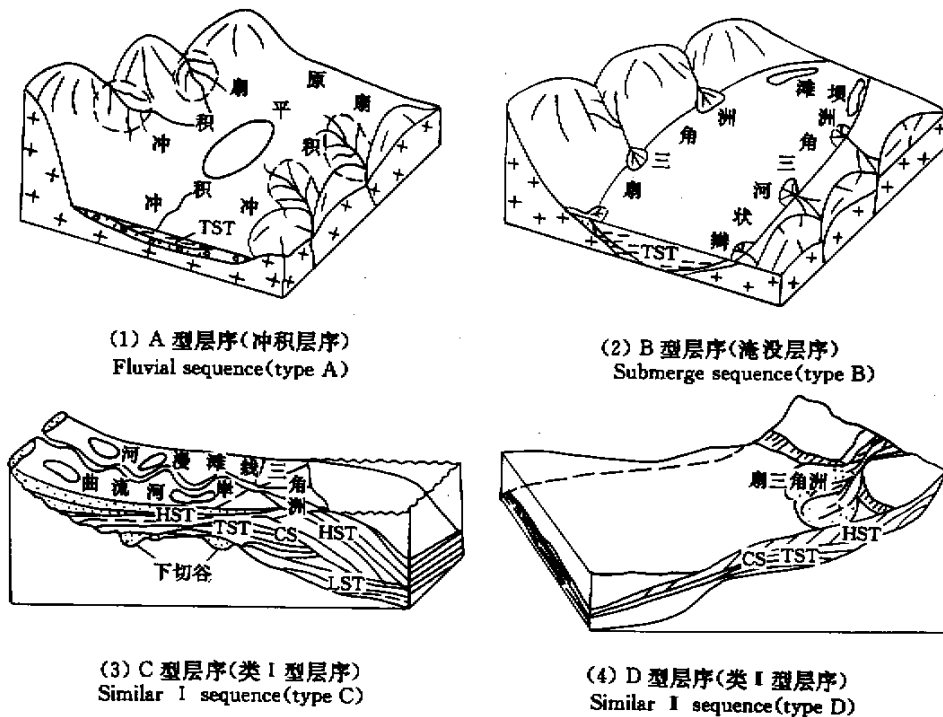


图 7 吐哈盆地侏罗系 4 种陆相层序类型及其沉积模式

- (1) A 型层序(冲积层序) Fluvial sequenc(type A) (2) B 型层序(淹没层序) Submerge sequenc(type B)
 - (3) C 型层序(类 I 型层序) Similar I sequenc(type C) (4) D 型层序(类 II 型层序) Similar II sequenc(type D)
- LST. 低水位体系域; TST. 水进体系域; HST. 高水位体系域; CS. 密集段;

Fig.7 Four types of nonmarine sequence and its sedimentary model of Jurassic in Turpan-Hami basin
LST. lowstand system tract; TST. transgressive system tract; HST. highstand system tract; CS. condensed section

表 3 油气显示与层序地层的关系

Table 3 Relationship between oil and gas shows and stratigraphy

地层时代	层序边界油气显示			层序内部油气显示		
	河道	滩坝	风暴岩	河口坝	远砂坝	风暴岩
喀拉扎组	100%					
齐古组		100%				
七克台组		60%	20%			20%
三间房组	27%	9%		37%	27%	
西山窑组	44%			44%	12%	

受局部构造运动的影响。

9 层序与油气的关系

笔者统计了吐哈盆地 TC2 井油气显示与层序地层的关系(表 3)。具体表现为上部地层喀拉扎组和齐古组的油气主要分布在层序界面附近,这是因为喀拉扎组和齐古组地层本身不能生油(无生油岩或未进入生油门限),油气只能通过断层从下部的老地层中运移上来,运移上来的油气在上部新地层中沿层序界面(渗流条件相对较好)进行横向分配的缘故。在七克台组、三间房组和西山窑组则不同,由于它们本身具有良好的生烃条件,因此除层序边界有优越的运移通道和储油条件外,同时一些三角洲的前缘砂体由于近邻湖相生油岩,也具有近水楼台先得月的优越条件,易形成岩性圈闭或构造岩性复合圈闭。

不整合面是良好的油、气、水运移通道,不整合面附近砂体中的碳酸盐胶结物及不稳定矿物易被地下水溶蚀而形成次生孔隙,常可形成良好的储集体。由于层序界面是不同级次的不整合面,层序界面附近的砂体中常储油,特别是在上覆砂体中。所以应用层序地层学建立地层格架,寻找不整合面上下邻近的砂层,即低水位体系域底部和高水位体系域顶部砂体,是今后找油的重大方向。

10 结语

(1) 吐哈盆地侏罗系是一个盆地充填层序(一级层序),包括 4 个构造层序(二级层序),分别与侏罗纪湖盆的 4 个演化阶段(稳定沉降阶段、短期收缩阶段、扩张阶段和萎缩阶段)相对应,其中又分为 13 个(三级)层序。层序地层与油气的分布有着密切的关系。本文识别出的 4 种层序边界类型(A 型、B 型、C 型和 D 型),反映了陆相层序与海相层序的差异。其对应的层序本文分别称之为冲积层序、淹没层序、类 I 型层序和类 II 型层序。冲积层序形成于构造剧烈抬升时的盆地萎缩阶段,淹没层序形成于构造沉降迅速时的盆地扩

张阶段。

(2) 吐哈盆地侏罗纪前陆盆地与典型的周缘前陆盆地和弧后前陆盆地的成因有些不同,它的形成与古特提斯构造阶段造山带在新特提斯构造阶段的再活动有关,因此刘和甫^[5]把它称为再生前陆盆地。再生前陆盆地的形成机制主要与再旋回造山作用所产生的地壳缩短和构造负荷有关。吐哈侏罗纪前陆盆地的沉积层序发育特征与我国东部第三纪断陷湖盆存在着一些差异。主要表现为东部的断陷盆地多为箕状,在同一沉积时期,可明显地分出地理上相互对应的缓坡和陡坡。吐哈侏罗纪前陆盆地,从造山带向克拉通,也是由深到浅的不对称盆地。其浅水一侧与缓坡模式有些类似,但深水一侧与断陷盆地陡坡的构造活动性质不一样。断陷盆地陡坡的边界是同生断裂(正断层),具有拉张性质,常常发育近岸水下扇沉积。而吐哈侏罗纪前陆盆地,早期造山带尚未露出水面,造山带一侧表现为深水环境,由于造山带尚未提供物源,所以物源主要来自克拉通。中期造山带隆起,开始提供物源,发育扇三角洲沉积。晚期造山带大规模逆冲抬升(发育逆冲断层),盆地萎缩,沉积中心向克拉通迁移,主要发育冲积扇和河流沉积(物源主要由造山带提供)。因此,吐哈侏罗纪前陆盆地与东部的断陷盆地比较,其层序中的沉积相组成及分布型式有些不同。总体上,整个侏罗系是一个向上变浅变粗的盆地充填层序(序列),其中低水位体系域不太发育。这与阿巴拉契亚前陆盆地的层序发育规律有些类似。Brett 等在阿巴拉契亚前陆盆地中划分了 6 个三级层序,仅在最下部层序的底部有相当于低水位沉积的陆架边缘体系域,为非海相的辫状河环境中细粒砂岩沉积物。其它层序界面的低水位侵蚀面和海侵面则合二为一,所以缺失低水位沉积。另外,吐哈侏罗纪前陆盆地,构造应力以挤压为主,盆地的沉降主要由构造负荷引起的挠曲所致,沉降幅度和频度较小,加之主要为煤系地层,沉积速率较东部的断陷盆地低。所以(三级)层序延时较长(平均约 5.6 Ma)(13 个层序),而松辽盆地白垩系(三级)层序平均延时约 1.28 Ma(47 个层序)^[6],泌阳下第三系核桃园组(三级)层序延时 0.72 ~ 2.95 Ma(12 个层序)^[7]。

参 考 文 献

- 1 Van Wagoner J C, Posamentier H W, Mitchum R M, Vail P R, Sarg J F, Loutit T S, Hardenbol J. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definition[A]. In: Wilgus C K, et al. ed. Sea-level changes: an integrated approach[C]. SEPM Spec. Pub., 1988, 42: 39 ~ 45
- 2 李思田, 杨士恭, 林畅松. 论沉积盆地的等时地层格架和基本建造单元[J]. 沉积学报, 1992, 10(4): 11 ~ 21

- 3 李文厚. 吐哈盆地台北凹陷侏罗系层序地层学研究 [J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(3): 210 ~ 215
- 4 吴因业. 煤层——一种陆相盆地中的成因层序边界 [J]. 石油学报, 1996, 17(4): 28 ~ 35
- 5 刘和甫. 前陆盆地类型及褶皱—冲断层样式 [J]. 地质前缘, 1995, 2(3): 59 ~ 68
- 6 魏魁生. 非海相层序地层学——以松辽盆地为例 [M]. 北京: 地质出版社, 1996. 67 ~ 71
- 7 胡受权. 断陷湖盆陆相层序中体系域四分性探讨 [J]. 石油学报, 2000, 1: 23 ~ 28

Sequence Stratigraphy of Jurassic in Turpan-Hami Basin

SHEN Shou-wen¹ PENG Da-jun² YAN Qi-bin¹
 HUANG Xian-lü² LI Zhi-jun³

¹(Department of Exploration , Southwest Petroleum Institute , Nanchong , Sichuan 637001)

²(Department of Petroleum , Chengdu College of Technology , Chengdu 610059)

³(Geophysical Institute of Turpan-Hami Oil Field , Hami , Xinjiang 839000)

Abstract

Fourteen sequence boundaries showing onlap or erosional truncation are recognized in the seismic sections of the Jurassic Turpan-Hami basin. The two major boundaries (at the top and bottom of the Jurassic deposits) are regional unconformities extending beyond the basin. Three intermediate ones (between 3rd and 4th section of Xishanyao Fm. Qikeai Fm. and Sanjianfeng Fm. and Kalaza Fm. and Qigu Fm.) are unconformities spanning most of the basin. The remaining nine sequence boundaries are local unconformities. The Jurassic sedimentary strata in Turpan-Hami basin is a basin-fill sequence (1st order) including four tectonic sequences (2nd order) and thirteen depositional sequences (3rd order). The four tectonic sequences are bound with the four evolutionary stages (stable subsidence , short-time contraction , expansion , and uplift desiccation) of the lake basin.

According to classic sequence stratigraphy , there are two types of sequences and sequence boundaries in passive continental margins with a shelf and slope. The types of depositional sequences in terrestrial basin , however , are not the same as those from a passive continental margin. Four types of sequence boundaries (type A , B , C , and D) are identified in the basin. A type A boundary is formed at the desiccation stage of the lake basin caused by strong tectonic uplift. The sequence above the type A boundary is here termed as *fluvial sequence* , in which the major systems tract is a lowstand deposit composed of alluvial fan and fluvial facies. A type B boundary , where base-level falls below the previous shore-slope break and then rises rapidly , occurs as the stage of basin expansion caused by rapid tectonic subsidence. The corresponding sequence without the lowstand systems tract is here termed as *submerged sequence* . A type C boundary , where base-level also falls below the previous shore-slope break and fluvial incision occurs , is similar to the type 1 boundary identified by Vail et al (1977). The lowstand systems tract with deposits of basin-floor fan and incised valley overlies type C boundary. Therefore , type C sequence is called as *similar type 1 sequence* . A type D boundary , where base-level falls but shore-slope is not exposed , is similar to type 2 boundary identified by Vail et al (1977). The corresponding sequence without the lowstand systems tract is here termed as *similar type 2 sequence* . The difference between these boundary types is the nature of transgression above the boundary for type B and D. which both lack a lowstand systems tract. There is a gradual transgression in type D compared with a rapid and abrupt one in type B. In other words, the sedimentary facies above the type B boundary are distinct from those below the boundary and record a rapid change in base level compared with a gradual one in type D.

Four types of sequence models in this paper have demonstrated the difference between marine facies sequences and non-marine facies sequences. The type A boundary & fluvial sequence and type B boundary & submerged sequence are indicative of two extreme conditions of desiccation and rapid subsidence of the lake basin , and are totally different from marine facies sequences. We suggest several reasons for the variety of non-marine facies sequences of the lake basin : a smaller scale , multiple sediment input provenances , relative short distance from sediment source , and differences in local tectonic activity.

There is a relationship between the sequence stratigraphy and the hydrocarbon shows in well TC2 of Turpan-Hami basin. Hydrocarbon shows are often adjacent to sequence boundaries in Kalaza Fm. and Qigu Fm. because both formations lack oil source rocks or/and source rocks are not at the depth of the oil window. Hydrocarbons originating from underlying formations that migrate through fractures occur along the sequence boundaries, which usually have higher permeability. However, hydrocarbon shows in the Qiketai, Sanjianfeng, and Xishanyao formations are different from the overlying formations because they contain good source rocks buried to the oil window. In some fore-delta sandstone bodies adjacent to the source rocks, there are pools formed by stratigraphic traps and structural-stratigraphic combination traps in addition to the sequence boundaries.

Key words sequence stratigraphy sequence boundary accommodation trace elements hydrocarbon shows Jurassic Turpan-Hami basin