

柴西南古近系—新近系盐湖盆地层序地层分析

王宏波^{1,2}, 陈启林², 王朴²

1. 成都理工大学沉积地质研究院, 成都 610059
2. 中国石油勘探开发研究院西北分院, 兰州 730020

摘要 为了探讨柴达木盆地西南古近系—新近系层序地层, 为岩性油气藏勘探提供依据, 本文在 Cross 高分辨率层序地层学理论指导下, 综合利用露头、岩心、钻井、地震等资料, 结合盐湖盆地的沉积特殊性, 对柴西南古近系—新近系层序界面进行识别与层序划分。研究认为将柴达木盆地柴西南古近系—新近系地层划分为 13 个长期旋回更为合理, 提出缓坡带、陡坡带、低凸地区和湖盆区 4 种不同沉积单元的层序发育模式, 指出层序旋回结构对岩性圈闭具有重要的控制作用, 储集砂岩的发育状况与中期旋回密切相关, 有利储层主要发育在旋回结构向上“变深”的非对称型下部。

关键词 柴达木盆地; 层序地层; 盐湖盆地; 古近系; 新近系

中图分类号 TE122.2

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.100-7857.2011.06.005.009

Sequence Stratigraphic Study of Paleogene and Neogene Salt Lake, Southwestern Qaidam Basin

WANG Hongbo^{1,2}, CHEN Qilin², WANG Pu²

1. *Sedimentary Geology Research Institute, Chengdu University of Technology, Chengdou 610059, China*
2. *Northwest Branch, Research Institute of Petroleum Exploitation and Development, Lanzhou 730020, China*

Abstract Sequence stratigraphic study of the salt lake with lately started and weak foundations in Qaidam Basin is important in many respects. In order to analyze the sequence stratigraphy in Paleogene and Neogene in southwestern Qaidam Basin and provide a foundation for lithologic hydrocarbon reservoir exploration, this paper studies the sequence boundary identification and the sequence classification in Paleogene and Neogene in southwestern Qaidam Basin by using sequence stratigraphic method, and applying outcrop data, core, drilling data and seismic data. It is shown that the classification in terms of 13 long-term circles is reasonable, and there are 4 sequence developing patterns: gentle slope zone, abrupt slope zone, low uplift zone and Lake Basin. And it is also shown that the sequence circle structure plays a significant role in controlling the lithologic trap, the development of sandstone reservoir is closely related to the mid-term circle, and favorable reservoirs mainly develop at the bottom of the circle structure with a trend of "becoming deeper upward".

Keywords Qaidam Basin; sequence stratigraphy; Salt Lake Basin; Paleogene; Neogene

0 引言

盐湖盆地层序地层学研究起步较晚, 国内外专家学者对盐湖盆地层序的划分与特征研究相对较少。国外研究程度较高的盐湖盆地主要是海相的, 1994 年, Loucks 和 Frederick 分别讨论了开阔海盆、半局限海盆和封闭海盆情况下, 潮湿气

候、半干燥气候和干燥炎热气候条件下的层序地层模式, 并讨论了蒸发岩在层序地层模式中的发育部位和形成条件等, 较系统地提出了碳酸盐岩—蒸发岩层序地层学模式。黄春菊等^[1]对江汉盆地盐湖层序划分方法进行了初步探讨, 提出盐湖盆地与碳酸岩盐的层序地层是有区别的, 需要从气候、构

收稿日期: 2010-12-22; 修回日期: 2011-01-12

作者简介: 王宏波, 博士研究生, 研究方向为沉积学与层序地层学, 电子信箱: whb2233@163.com

造和盐类物质来源及地球化学特征等方面分析岩盐沉积,并划分岩盐层序,将潜江组划分为3大体系域和7个层序。纪友亮^[2]、方志雄等^[3]利用地球化学方法对潜江凹陷进行了层序地层研究,认为形成潜江组盐岩沉积的母源主要是河流冲刷带来的酸性岩和较老的含盐地层,地球化学特征分析认为干湿气候的交替变化与水体体积(可容空间)、湖水的盐度变化、盐岩的发育层位及厚度有较好的对应关系,总结了潜江凹陷蒸发成盐盐湖层序地层特征。杨香花等^[4]对东濮凹陷盐湖层序结构与隐蔽油气藏的关系进行了分析,指出岩盐层序的低位体系域主要为厚层块状岩盐夹薄层砂泥岩。纪友亮等^[5]对东濮凹陷沙三段研究指出,暗色泥岩、油页岩代表深水环境沉积,在沉积中心分布的盐岩形成于湖平面下降浅水蒸发环境,暗色泥岩、油页岩与盐岩频繁互层为高频湖平面变化蒸发成盐模式,认为盐岩层形成于低位期,湖侵期和高位期盐岩沉积较少甚至不发育。

上述研究主要从地球化学以及岩湖盆地与碳酸岩盐盆地的区别角度探讨盐湖盆地层序地层特征,主要强调气候变化对盐湖盆地的影响,对柴达木盆地这种多期构造改造碎屑岩-盐湖盆地涉及较少。本文则通过对多期构造改造控制下的盐岩发育位置与层序地层关系进行分析,研究盐湖盆地层序地层特征。

1 地质背景

柴达木盆地位于青藏高原北缘青海省境内,其大地构造位置处于古亚洲构造域南缘,四周被祁连、昆仑和阿尔金等褶皱山系和深大断裂所围限,是中国西部一个重要的中生代含油气盆地(图1)。柴达木盆地层序地层学研究起步较晚,基础相对薄弱,围绕富油气凹陷开展的精细勘探,从较单一的构造油气藏勘探向地层岩性油气藏、构造-地层岩性复合油气藏勘探转变,层序地层学的研究也逐步深入。柴达木盆地层序地层学的重点主要集中在柴西南区的红狮凹陷^[6]和阿尔金山前^[7]。

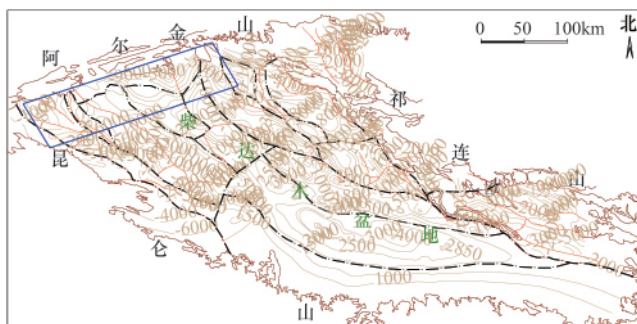


图1 盆地地区带划分图和研究区位置示意

Fig. 1 Location and block map of the research area

柴达木盆地柴西地区古近系-新近系湖盆演化具有特殊性和复杂性,主要表现在以下方面:①受阿尔金断裂走滑和昆仑山隆升影响,湖盆沉积中心不断向北、向东迁移;②盆

地边界构造活跃,山前带沉降差异大,沉积相横向变化快;③缺乏长期稳定发育的水系,边缘碎屑岩相带窄,盐湖处于饥饿-欠补偿状态。这些特征导致在应用经典层序地层学和成因层序地层学理论方法时会出现以下问题:①湖盆沉积中心不断迁移,湖泛面难以统一;②应用冲积地层的冲刷面或标志层划分、对比层序,容易造成层序划分混乱、对比错位;③沉积物供给不足,湖相大部分地区无法识别或不存在低位体系域,只能识别、划分水进体系域和高位体系域。高分辨率层序地层理论将湖平面变化、构造沉降、沉积物供给、沉积地形等因素的变化全部纳入地层基准面这个广义函数中,更适合柴达木盆地这样的复杂陆相盆地。

2 层序划分依据

2.1 岩性剖面上的识别标志

(1)河道底部滞留砾岩。地层剖面中的冲刷现象及其上覆地层底部的滞留沉积物,代表基准面下降于地表之下引起的侵蚀冲刷作用,或者代表基准面上升时的水进冲刷作用,后者与前者的区别在于水进冲刷面上多见盆内碎屑,且厚度小。柴西南区陆上河道底部滞留砾岩是研究区下干柴沟组下段层序界面(即 E_3^1 底界面)的主要识别标志(图2),分布范围较广泛。岩性多为砾岩、砂砾岩、砾状砂岩和含砾砂岩,常发育大型交错层理、斜层理和块状层理。

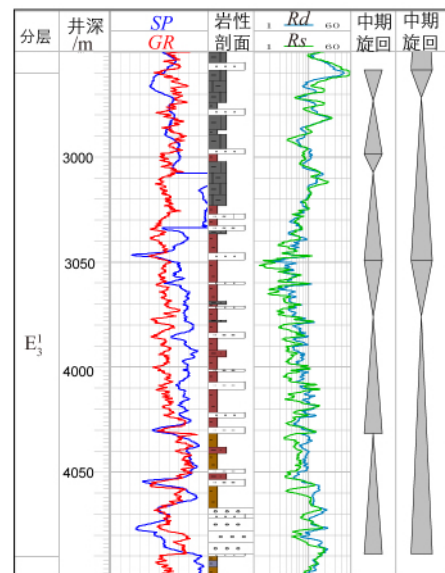


图2 七30井 E_3^1 层序划分

Fig. 2 Sequence classification of E_3^1 in Well Q30

(2)地层缺失。铁木里克凸起区普遍有地层缺失现象,主要表现为缺失下干柴沟组下段地层,如阿拉尔断层上盘的尕南1、尕南2井缺失下干柴沟组下段地层,盆地方向多表现下干柴沟组下段地层的局部缺失。

(3)基岩风化壳。基岩风化壳常见于跃进4号地区(图3),上覆河道底部滞留砾岩,下部往往缺失路乐河组地层。基岩风化壳为灰白色、灰绿色花岗岩夹变质岩。

(4) 滨岸上超和向盆地迁移的下超作用形成的层序界面。常表现为浅水沉积相类型向盆地地方向迁移,如浅水沉积物直

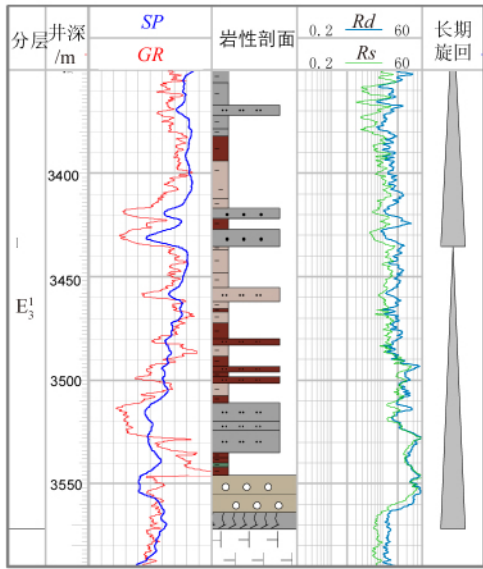


图3 红19井E₃层序划分

Fig. 3 Sequence classification of E₃ in Well H19

接覆于较深水沉积物之上,河流或浊流砂砾岩直接覆于深水泥岩之上,分别代表浅水和深水环境的两类沉积之间缺失过渡环境沉积作用的岩性突变(图2)。

(5) 岩相类型或相组合在垂向剖面上的转换面。如向上变细变深的相序(或相组合)转换为向上逐渐变浅变粗的相序(或相组合),转换面代表基准面上升达最高点位置的洪泛面或代表基准面下降达最低点位置的层序界面。

(6) 砂、泥岩厚度旋回性变化面。如层序界面之下,砂岩粒度向上变粗,砂泥比值向上变大,单层厚度减薄;层序界面之上则相反。这种旋回的变化特征常以叠加样式的改变表现在岩性记录中。

2.2 测井识别标志

含油气盆地层序地层分析中,测井资料是层序分析的主要方法,利于测井曲线进行基准面旋回的分析、确定旋回界面是重要的研究内容。层序界面上、下地层岩性的变化在测井曲线上具有显著响应,因此可利用测井解释进行垂向岩相序列组合分析,确定层序界面特征。根据旋回叠加样式、测井曲线特征、岩性特征及古生物特征等综合研究,总结出柴西南区层序界面的4种测井响应特征(图4)。

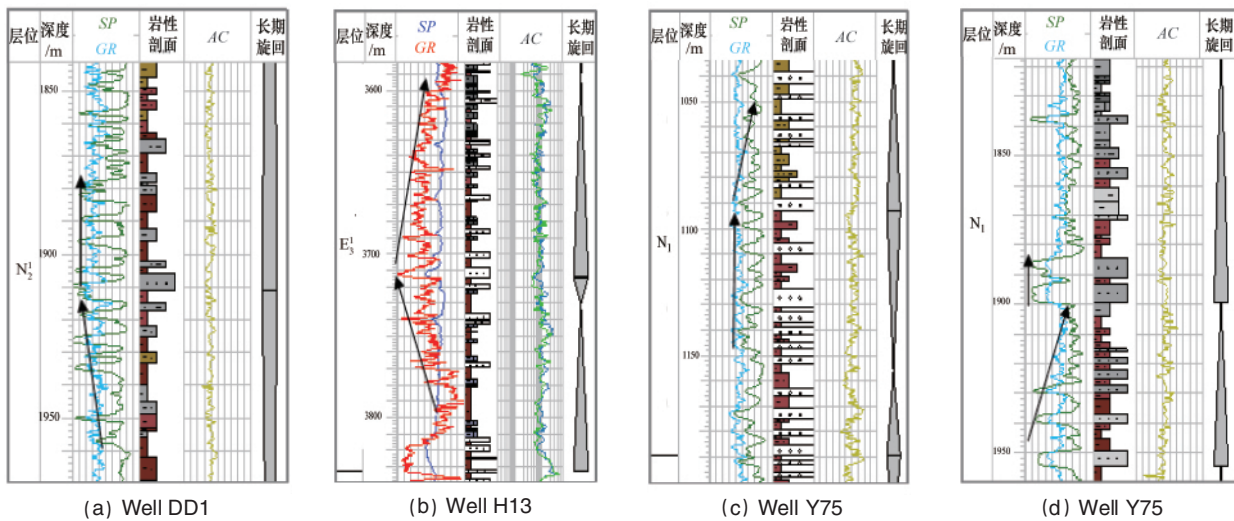


图4 测井层序界面识别标志

Fig. 4 Identification mark of sequence boundary

(1) 进积/加积转换面。该类转换面多为岩性电性突变界面,深浅测向突然增高,自然电位和自然伽玛负异常,异常幅度大;砂岩粒度变粗,厚度增大,砂泥比增大(图4(a))。其可容纳空间A与沉积物补给通量S之比 $A/S < 1$,沉积物源相对充足,底部冲刷构造发育。界面之下为进积特征,界面之上为加积特征。

(2) 进积/退积转换面。该类转换面多表现为岩性、电性突变,界面之下为进积特征,界面之上为退积特征,自然电位与自然伽玛负异常,异常幅度大。其 $A/S > 1$,可容纳空间较大,层序结构相对完整。层序界面附近砂岩粒度变粗,砂岩厚度增大,

砂泥比增高;层序界面之上砂体物性、含油性变好(图4(b))。

(3) 加积/退积转换面。该类型转换面之下呈加积特征,自然伽玛值向上变小,自然电位负异常幅度增大,砂岩粒度变粗,厚度增大,砂泥比增高;界面之上为退积特征,自然伽玛值向上增大,自然电位负异常幅度减小,反映湖盆水体加深,砂岩粒度逐渐变细,厚度减薄,砂泥比降低(图4(c))。

(4) 退积/加积转换面。该类型层序 $A/S < 1$,可容纳空间有限,沉积物源供应充足,层序界面存在明显的剥蚀作用,造成下覆地层部分缺失。界面之下为退积特征,自然伽玛向上逐渐减小,自然电位负异常幅度增大,砂岩粒度变粗,厚度增

加,砂泥比增高;界面之上为加积特征,自然伽玛、自然电位幅度变化不大,砂岩较粗(图 4(d))。

2.3 盐湖盆地层序识别的特殊标志

柴达木盆地古近系—新近系形成盐湖沉积,在下干柴沟组 E_3^1 、上干柴沟组 E_3^2 和油砂山组 N_1 形成了大量的蒸发岩类岩盐、石膏、芒硝和碳酸盐岩沉积。盐湖沉积盆地层序的分析关键是如何解释岩盐沉积在层序中发育的作用^[1-9],识别盐湖盆地不同级次的层序界面。陆相盐湖盆地盐源复杂多样,主要有陆源、海源和地壳深部 3 大类^[10]。前两类主要通过蒸发成盐,气候起关键作用,在陆相盐湖基准面最低处盐岩发育,也可理解为层序界面位置,基准面上升到最高处盐岩相对不发育,但在欠补偿的湖盆沉积中心可长期形成盐岩层沉积;第 3 类主要通过兑卤成盐,作为深层卤水通道的深大断裂的活动期次控制了盐岩的发育,盐岩主要发育在基准面上升到最高位置的滞后期,而基准面下降到最低处盐岩一般不发育。柴西南岩盐在层序中的分布主要有 2 种类型:一种是浅水沉积,属陆上蒸发盐岩沉积,常发育于 E_3^1 底部的辫状河三角洲平原中,岩性为薄层含砾膏岩、含粉砂膏岩、膏质泥岩。含膏粉砂岩是其主要层序界面识别的标志之一,红 20 井为典型的浅水沉积,表现为与浅水沉积物拌生,常夹于砂岩、砾岩、粉砂岩之间;发育地区广泛,岩盐层层数少,单层厚度薄;发育在柴西南水体相对浅的 E_3^1 的底部、 N_1 的中上部地层中。另

一种是深水沉积,主要发育在 E_3^2 中上部的湖相沉积中,如狮子沟狮 23 井、狮 25 井,是基准面上升到最高位置的标志,即最大洪泛面。表现为深水沉积与盐岩沉积物伴生,在泥岩、灰质泥岩、页岩中夹盐岩薄层,偶与浊积岩共生;发育位置较局限,在柴西南主要分布在狮子沟—芒崖一带,沉积中心岩盐发育层数多,厚度大;发育层位在柴西南最大湖侵期沉积的 E_3^2 中上部地层中。

2.4 地震剖面识别标志

地震反射界面基本是等时的,因而可以运用地震反射剖面进行基准面旋回分析。在实际应用中受到地震资料品质的影响,常规二维和三维地震剖面通常只能用于识别较长期基准面旋回。用于识别旋回界面和层序的主要地震相标志如下:① 区域分布的不整合面或反映地层不协调关系的地震反射终止类型,确定层序界面的产出位置和地质属性,即常规的地震地层分析标志;② 与中期或长期基准面旋回上到下降转换位置(最大可容纳空间)相对应的高振幅连续反射界面或一组反射;③ 与测井曲线、钻井岩心和地表露头中观察到的区域相变面或不整合面对比的地震反射特征(削截削蚀面、下超面、上超面等),利用垂直声波测井(VSP)合成地震记录资料的井-震对比技术,在地震剖面中标定和追踪界面及划分层序。

在柴西南地震剖面上主要表现为两种方式(图 5):① 层

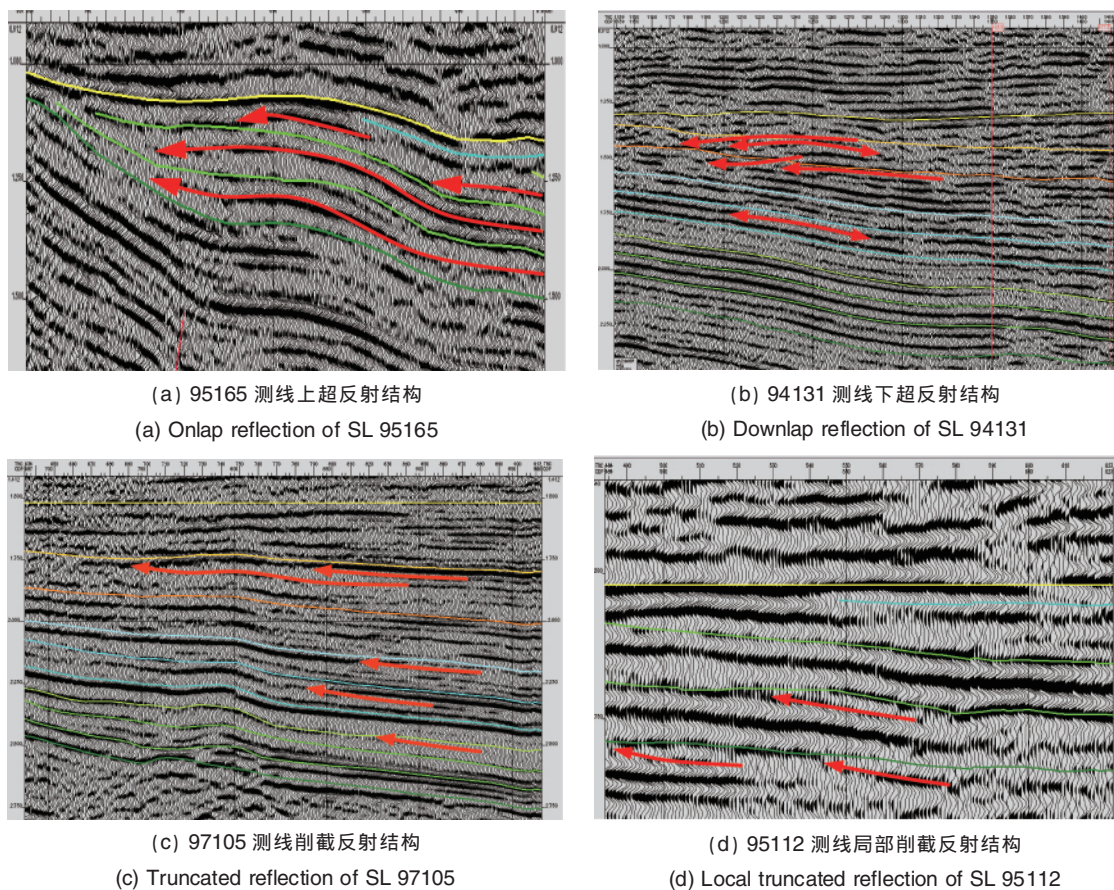


图 5 柴西南区层序界面地震反射现象

Fig. 5 Seismic reflection of sequence boundary, southwestern Qaidam Basin

序界面之下反射结构: 削截和顶超。削截是由于受到侵蚀作用而造成下覆地层侧向消失, 表明下伏地层沉积之后, 经过强烈的构造运动或者强烈的切割作用; 顶超是由无沉积作用而形成的终止现象, 表现以很小的角度逐步收敛于上覆层序底面上, 出现在阿尔金山前的扇三角洲沉积中, 代表一种时间不长的过路冲蚀现象。② 层序界面之上反射结构: 上超、下超。上超是层序底部逆原始倾斜面逐层终止 (超覆尖灭) 现象, 在水体不断扩大的情况下, 滨岸沉积或陆相沉积物不断向陆超覆尖灭的沉积现象, 是柴西南区主要的反射终止现象; 下超是层序底部顺原始倾斜面, 向下倾方向终止, 反映了沉积物的前积作用。柴西南区三级层序地震反射主要以上超和削截为主, 下超和顶超相对不发育, 尤其是湖盆扩张的鼎盛期, 上超反射现象非常发育。

2.5 辅助识别标志

层序界面附近为水体浅的氧化环境, 最大湖泛面水体较深, 处于强还原环境, 这种环境的变化往往以地球化学的形式记录在地层中, 在柴西南咸化湖盆中特征更明显, 地球化学特征可用来识别层序界面。

柴达木盆地为干旱气候条件下形成的封闭盐湖盆地, 地层厚度大、岩类多、分析化验资料丰富, 利用这些资料可辅助确定层序界面。有机碳含量变化特征: 有机碳含量随着湖平面的变化, 最大湖泛面附近有机碳含量高 (图 6)。氯离子含量变化特征: 氯离子含量受气候影响变化较大, 最大湖泛面附近, 湖盆水体扩大, 氯离子含量较低; 层序界面附近, 氯离子含量高, 且多表现跳跃性。

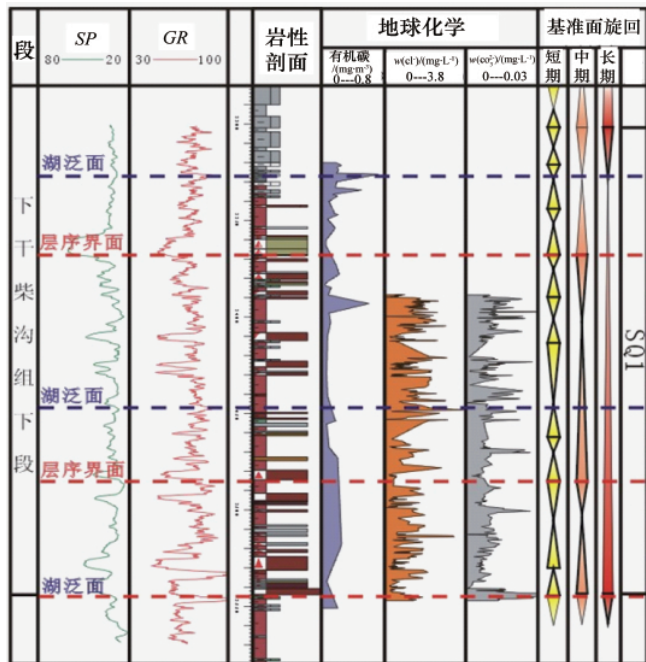


图 6 跃 32 井层序界面辅助识别标志
Fig. 6 Auxiliary identification mark of sequence boundary in Well Y32

3 层序地层划分结果

在以上钻井、测井标志分析的基础上, 结合地震层序分析, 通过对柴西南钻井层序、地震层序的对比, 将柴西南古近系-新近系路乐河组 E₁₊₂-上油砂山组 N₂ 地层划分为 3 个超长期基准面旋回, 13 个长期基准面旋回 (图 7)。其中 LSC1、LSC2、LSC3 处于湖盆发育初期, 湖广水浅, 以填平补齐的沉积为特征, LSC4、LSC5 为柴西南湖盆扩张的鼎盛时期, 自 LSC8 开始柴西南区开始逐渐抬升, 各沉积体系呈进积特征。LSC10-LSC13 在柴西南剥蚀严重, 所剩无几。

需要说明的是, 柴西南古近系-新近系层序地层格架的建立, 除了分析单井、地震层序界面标志及沉积旋回外, 还考虑了年代因素。目前, 不同学者对旋回的时限认识有一定差别, 但一致认为, 长期旋回的时限应在 0.5~5Ma。国陆相湖盆旋回时限也在 0.5~5Ma 之间, 平均 2.87Ma。长期旋回的划分考虑了旋回时限, 如上干柴沟组 N₁ 地层, 在柴西南发育厚度远小于 E₃ 地层, 很多学者以前都划分为 2 个三级层序, 但其时间跨度为 15.7Ma, 按照旋回时限划分为 2 个旋回时限太大, 通过单井资料对比, 划分为 4 个长期旋回更为合理。

地层单元		地震反射	基准面旋回			
系统	组 (地质年代/Ma)		长期	超长期		
新近系	更新统	狮子沟组	14.5	T2	LSC13	SLSC3
	中新统	上油砂山组			LSC12	
		上干柴沟组	LSC11			
	中新统	上干柴沟组	23.8	T2'	LSC10	
					LSC9	
					LSC8	
LSC7						
古近系	渐新统	下干柴沟组	29.3	T3	LSC6	SLSC2
					上段	
	下段	35.8	T4	LSC4		
				LSC3		
	始新统古新统	路乐河组	54.9	T5	LSC2	
路乐河组	Tr	54.9	T5	LSC1	SLSC1	

图 7 柴西南区古近系-新近系层序地层格架
Fig. 7 Stratigraphic framework of Paleogene and Neogene in southwestern Qaidam Basin

4 盐湖盆地层序发育模式

构造沉降、相对湖平面、沉积物供给和气候是控制层序发育的 4 因素。区内构造复杂, 在阿尔金山和昆仑山两大走滑断裂的控制下, 形成了凹凸相间的古地貌, 发育陡坡带、缓坡带、低凸起区。受古地形和沉积物源的控制, 不同地区层序发育模式不同。

(1) 缓坡带层序发育模式

缓坡带主要发育于阿拉尔-红柳泉以及昆仑山前一带。

物源区相对较远,沉积物供应充足,向湖盆方向可容纳空间逐渐增大,以粗粒辫状河-辫状河三角洲沉积为特征,湖盆沉积初期 E_3^1 以退积为特征,主要为砾岩、含砾砂岩、中-粉砂岩夹泥岩沉积;湖盆扩张期 $E_3^2-N_1$ 旋回对称性增强,湖盆沉积范围扩大;湖盆发育晚期 $N_1-N_2^1$,以进积为特征。

(2) 陡坡带层序发育模式

陡坡带主要发育于阿尔金山前带,受同生断层的控制,可容纳空间较大,沉积物供应充足,沉积速度快,以粗粒扇三角洲沉积为特征,主要为砾岩、砂砾岩夹泥岩沉积。由于坡度较陡易发生重力滑塌,在湖盆中沉积可形成浊积扇。受柴西南湖盆周期性扩张-收缩的影响, E_3^1 以退积为主, $E_3^2-N_1$ 时旋回对称性增强, N_2^1 时则以进积为特征。

(3) 低凸起区层序发育模式

低凸起区受同生断层以及古地形的影响,主要发育于红柳泉至跃进一带同生逆断层的上盘。湖盆发育早期 E_3^1 沉积物源相对充足,以辫状河三角洲沉积为特征,在坡折带处形成类似于斜坡扇的重力流沉积;湖盆扩张期 $E_3^2-N_1$ 沉积物源供应不足,以辫状河三角洲前缘-滨浅湖沉积为特征,在远离物源的一侧发育生屑灰岩、鲕粒灰岩及藻灰岩;湖盆发育晚期 $N_1-N_2^1$,以辫状河三角洲沉积为特征。

(4) 湖盆区层序发育模式

湖盆区沉积厚度大,以厚层泥岩夹薄层砂岩、碳酸盐岩及盐岩沉积为特征,旋回对称性较好,从 $E_3^1-N_2^1$ 湖盆逐渐向东、向北迁移。湖盆发育早期 E_3^1 为微咸水环境,以泥岩夹碳酸盐岩沉积为特征;湖盆扩张期 $E_3^2-N_1$ 湖水咸化,以泥岩夹盐岩沉积为特征;湖盆发育晚期 $N_1-N_2^1$ 湖盆退缩,以厚层砂岩夹泥岩沉积为特征。

5 结论

柴西南古近系-新近系盐湖盆地地层层序界面标志很多,有岩性识别标志:① 具有河道底部滞留砾岩、地层缺失、基岩风化壳、滨岸上超和向盆地迁移的下超作用形成的层序界面、岩相类型或相组合在垂向剖面上的转换面、砂-泥岩厚度旋回性变化面的岩性识别标志;② 具有进积/加积转换面、进积/退积转换面、加积/退积转换面、退积/加积转换面的测井识别标志;③ 具有浅水沉积陆上蒸发盐岩和深水膏盐的盐湖盆地层序识别的特殊标志;④ 具有上超、下超、削叠的地震剖面识别标志、地球化学辅助识别标志。据此将柴西南古近

系-新近系划分为3个超长期基准面旋回,13个长期基准面旋回。区内发育缓坡带、陡坡带、低凸起带、湖盆区等不同单元的层序模式,层序旋回结构对岩性圈闭具有重要的控制作用,储集砂岩的发育状况与中期旋回密切相关,有利储层主要发育在旋回结构向上“变深”的非对称型下部。

参考文献 (References)

- [1] 黄春菊,陈开远,杨香华,等. 盐湖盆地层序地层特征 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 134-138.
Huang Chunju, Chen Kaiyuan, Yang Xianghua, et al. *Oil & Gas Geology*, 2002, 23(2): 134-138.
- [2] 纪友亮,胡光明,张善文,等. 沉积层序界面研究中的矿物及地球化学方法[J]. 同济大学学报, 2004, 32(4): 455-460.
Ji Youliang, Hu Guangming, Zhang Shanwen, et al. *Journal of Tongji University*, 2004, 32(4): 455-460.
- [3] 方志雄,陈开远,杨香华,等. 潜江盐湖盆地层序地层特征 [J]. 盐湖研究, 2003, 11(2): 14-23.
Fang Zhixiong, Chen Kaiyuan, Yang Xianghua, et al. *Journal of Salt Lake Research*, 2003, 11(2): 14-23.
- [4] 杨香华,陈开远,石万忠,等. 东濮凹陷盐湖层序结构与隐蔽油气藏[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 139-142.
Yang Xianghua, Chen Kaiyuan, Shi Wanzhong, et al. *Oil & Gas Geology*, 2002, 23(2): 139-142.
- [5] 纪友亮,冯建辉,王声朗,等. 东濮凹陷下第三系沙三段盐岩和膏盐岩的成因[J]. 沉积学报, 2005, 32(2): 225-231.
Ji Youliang, Feng Jianhui, Wang Shenglang, et al. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 32(2): 225-231.
- [6] 蒋宏忱,于柄松,王黎栋,等. 柴达木盆地西部红狮凹陷第三系下干柴沟组层序地层格架[J]. 现代地质, 2002, 16(4): 382-388.
Jiang Hongchen, Yu Bingsong, Wang Lidong, et al. *Geoscience*, 2002, 16(4): 382-388.
- [7] 吴因业,江波,郭彬程,等. 岩性油气藏勘探的沉积体系域表征技术——以柴达木盆地为例[J]. 新疆石油地质, 2004, 25(4): 358-361.
Wu Yinye, Jiang Bo, Guo Bincheng, et al. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2004, 25(4): 358-361.
- [8] 胡光明,纪友亮,张亚京. 陆相盐湖层序地层学研究简述[J]. 盐湖研究, 2006, 14(1): 55-59.
Hu Guangming, Ji Youliang, Zhang Yajing. *Journal of Salt Lake Research*, 2006, 14(1): 55-59.
- [9] 李春荣,陈开远,柳保军,等. 盐湖盆地沉积与油气形成的关系 [J]. 西部探矿工程, 2004, 96(5): 46-49.
Li Chunrong, Chen Kaiyuan, Liu Baojun, et al. *West-China Exploration Engineering*, 2004, 96(5): 46-49.

(责任编辑 刘志远)

《科技导报》“学术争鸣”栏目征稿

“学术争鸣”栏目旨在活跃学术气氛,开展学术讨论,促进学科的深入研究。本栏目欢迎对已发表的学术观点进行质疑,也欢迎广大作者对各领域的科技问题进行开创性的学术探索。在线投稿:www.kjdb.org。

更正

《科技导报》2011年5期第28-31页文章“电磁流动成测井识别气-水层流的信号处理方法”的doi有误,应为10.3981/j.issn.1000-7857.2011.05.003。

本刊编辑部