文章编号:1009-3850(2013)03-0027-07

# 柴达木盆地油砂山油田上干柴沟组高分辨率层序地层分析

周  $dt^1$ ,汤 军<sup>1</sup>,廖 春<sup>2</sup>,周金应<sup>3</sup>,桂碧雯<sup>4</sup>,刘青文<sup>2</sup>,林益康<sup>2</sup>

(1. 长江大学 地球科学学院,湖北 武汉 430100; 2. 中国石油青海油田分公司勘探开发研究院,甘肃 敦煌 736202; 3. 壳牌中国勘探与生产有限公司成都办事处,四川 成都 610016; 4. 振华石油研究中心,四川 成都 610016)

摘要:运用 Cross 提出的高分辨率层序地层学理论 综合测井、岩心等资料 对油砂山油田上干柴沟组进行分析 将上 干柴沟组地层划分为 15~20 个短期旋回、6 个中期旋回和 1 个长期旋回。分析了各级次旋回内部沉积相特征及演 化规律 建立了全区以中期基准面升、降半旋回相域为等时地层单元的高分辨率层序地层格架 以此为指导精细刻 画了上干柴沟组地层的砂体展布情况 指出长期基准面上升早期和下降晚期及三角洲体系为砂体发育的最有利部位。 关 键 词:油砂山油田;高分辨率层序地层学;上干柴沟组;基准面;地层格架 中图分类号: TE121.3 文献标识码: A

# 引言

高分辨率层序地层学是以露头、测井、岩心和 三维高分辨率地震反射资料为基础,以高分辨率层 序地层理论为指导,运用精细地层划分和对比技 术,建立区域、油田乃至油藏级高精度地层对比格 架,在成因地层格架内对地层及生油层、储层和隔 层进行评价和预测的一项理论和技术<sup>[1-2]</sup>。这一理 论体系的核心内容为:在基准面变化过程中,由于 可容纳空间和沉积物补给通量(A/S)比值的变化, 相同沉积体系域或相域中发生沉积物的体积分配 作用,导致沉积物的保存程度、地层堆积样式、相 序、相类型及岩石结构和相组合类型发生变化<sup>[1-2]</sup>。

上干柴沟组是油砂山油田的重要储层,该油田 自上世纪发现以来,经历了多次的勘探开发历程, 但由于受沉积相类型复杂,储层非均质性强等地质 条件约束,目前仍面临众多比较突出的问题。本文 首次采用高分辨率层序地层学原理与方法对油砂 山油田上干柴沟组地层进行精细地层对比与划分, 识别出了各级次的基准面旋回,建立了油田范围的 等时地层格架,分析了储层内部单砂体的储层构型 和分布模式。

## 1 区域地质概况

油砂山油田位于柴达木盆地英雄岭冲断隆起 带的南缘、油狮大断裂东端的上盘,是柴达木盆地 西部坳陷区茫崖坳陷亚区狮子沟-油砂山二级构造 带东段的一个三级构造,重叠在尕斯库勒油田之上 (图1)。油砂山油田所处的柴西第三纪湖盆演化处 于柴达木盆地的坳陷期和上升褶皱期。其经历了 初始阶段( $E_{1+2}$ - $E_3^1$ )、稳定沉降阶段( $E_3^2$ - $N_1^3$ )、收 缩及衰亡阶段( $N_2^1$ - $N_2^3$ ),形成了一套干燥气候条件 下的高钙多盐内陆湖盆沉积<sup>[3-6]</sup>。

## 2 沉积相特征

柴达木盆地自第三纪以来,基本属干旱气候环 境下的内陆湖盆,时而间隔出现短期的相对湿润气 候<sup>[7-8]</sup>。研究区上干柴沟组(N<sub>1</sub>)主要发育一套辫状

收稿日期: 2013-05-11; 改回日期: 2013-05-20

作者简介: 周斌(1988 -) , 男 硕士, 储层地质学。E-mail: zzhhoubin@126. com

资助项目: 中国石油重大科技专项一柴达木盆地老区稳产提高采收率技术研究(编号:2011E-03-06)



图 1 油砂山油田区域位置图 1.油田; 2.盆地边界; 3.研究区; 4.背斜; 5.单斜; 6.物源方向 Fig. 1 Location of the Youshashan Oil Field 1 = oil field; 2 = basin boundary; 3 = study area; 4 = anticline; 5 = monocline; 6 = provenance

河三角洲-滨浅湖沉积体系。辫状河三角洲相沉积 是研究区较为常见的沉积相带,以中/粗粒砂岩、细 砂岩、粉砂岩、泥岩和钙质泥岩为主要岩性,发育三 角洲平原水上分流河道、天然堤、决口扇、三角洲前 缘水下分流河道、水下天然堤、支流间湾、河口坝、 远砂坝和席状砂等沉积微相。沉积构造有块状层 理、交错层理、复合层理、沙纹层理、水平层理、平行 层理、包卷层理及生物钻孔等。在本区前三角洲相 已与滨浅湖相融为一体,很难区分。研究区滨浅湖 相主要系一套灰色、深灰色、棕红色钙质泥岩、粉砂 质泥岩、粉砂岩夹少量泥灰岩、粒屑灰岩、鲕粒灰 岩、核形石灰岩的组合,发育席状砂和滩坝<sup>[9]</sup>,主要 的沉积构造有水平层理、沙纹层理、交错层理、波状 层理和生物钻孔,并且局部地区可见到生物化石。

## 3 高分辨率层序界面

综合分析测井曲线和岩心观察资料,在上干柴 沟组地层中可以识别出两类层序界面:(1)基准面 下降到最低点转向上升的侵蚀冲刷面;(2)湖泛面。 侵蚀面在岩心剖面上很容易识别,一般都可见明显 的冲刷痕迹,如粗碎屑或泥砾,岩石组合都为砂岩 叠覆在泥岩、粉砂岩之上的下细上粗的反韵律结 构。测井曲线上冲刷面的响应特征不明显,很难在 上面将其识别出来。湖泛面是在基准面上升到最 高点时形成的弱补偿或欠补偿沉积面,相当于凝缩 段。在岩心剖面上为特征明显的泥岩层,自然伽玛 上表现为异常高-特高值。

## 4 高分辨率层序地层学分析

T.A. Cross 的多级次基准面旋回划分与对比技 术属于高分辨率层序地层学的研究范畴。这一理论 认为高分辨率层序划分取决于海平面变化、构造沉 降、沉积负荷、沉积通量和沉积地形等综合因素制 约的基准面升降过程,但是自从高分辨率层序地层 学问世以来 各研究者在对各级次基准面旋回的划 分、时间频率范围的界定上并没有一个统一、明确 的标准,只是粗略地划分为短期基准面旋回、中期 基准面旋回、长期基准面旋回等。这样由于每个学 者的不同研究目的及各个实际研究区块的特定差 异而最终呈现出多种多样的结果。这一点给实际 工作的开展及资料的引用和处理带来了很大的不 便。在综合考虑不同的分级方案基础上,结合油砂 山油田的实际地质情况,本次研究笔者采用的是张 尚峰等<sup>[10]</sup>提出的划分方案。根据此划分方案,对油 砂山油田上干柴沟组进行高分辨率层序地层划分, 将上干柴沟组划分为四个级次的旋回,分别为:超 短期旋回、短期旋回、中期旋回和长期旋回。

## 4.1 超短期基准面旋回结构

超短期旋回为一套代表最小成因地层单元的 单一岩性或相关岩性的叠加样式,相当于∏级层序 或准层序<sup>[11]</sup>。根据露头及岩心观察 将上于柴沟组 划分了米级的超短期旋回,精细描述了上干柴沟组 地层旋回特征 其中每一个超短期旋回反映了一期 水体由升到降或由降到升的变化。在研究区,控制 超短期旋回的主要因素是季节性的气候变化,以中 250 井为例 岩心观察为棕红色、灰绿色泥岩与灰白 色粉细砂岩频繁互层,间或可见粗粒冲刷侵蚀沉 积。当洪水期来临时 基准面相对上升 A/S 比值相 对增大,沉积区以泥岩、粉砂质泥岩等极细粒、细粒 沉积物为主。此时位于滨浅湖--半深湖的泥质沉积 区 由于营养充分 底栖和浮游生物大量繁殖 在生 物生命活动当中,留下大量生物钻孔和生物潜穴。 同时生物代谢消耗大量的氧气,致使局部由氧化环 境变为还原环境,形成灰绿色泥岩。当枯水期来临 时 基准面相对下降到一个较低的水平,以粉砂岩 沉积为主,并发育小范围的间断面和非沉积作用间 断面,先期沉积的泥岩此时被氧化成棕色、棕红色。 由于超短期基准面旋回变化而在纵向上形成的砂 泥岩组合关系形成了良好的储盖层结构单元,是油 气聚集的有利场所。

4.2 短期基准面旋回结构

短期旋回为一组沉积事件的产物 ,反映一期明

显的水体变化过程,形成一个小规模相似岩性、岩 相叠加过程的进积-退积样式。在上干柴沟组中可 以识别出15~20个短期旋回,一般由数个具相似结 构和岩性组合的超短期旋回层序叠加而成,个别与 单个超短期旋回层序相当。层序的结构和分布规 律与超短期旋回层序基本一致,显示此类层序与超 短期旋回层序有相似的沉积动力学形成条件,共分 为3类<sup>[12,17]</sup>(图2)。

4.2.1 向上"变深"的非对称性旋回

此类型短期旋回在油砂山油田上干柴沟组主 要发育于盆地边缘的三角洲平原水上分流河道和 三角洲前缘水下分流河道沉积区,距离物源较近 (图4)。旋回层序中仅保留基准面上升半旋回记 录,下降半旋回沉积时基准面位于地表之下,可容 纳空间消失,沉积物路过不留,为一侵蚀作用面,在 地层对比时,此处为界面与岩石对比。层序底界多 见砾石冲刷现象,向上粒度逐渐减小,砂层厚度逐 渐变薄 表明水体逐渐变深 能量逐渐减弱。

4.2.2 向上"变浅"的非对称性旋回

此类型短期旋回在油砂山油田上干柴沟组主 要发育于盆地中心的半深湖一深湖沉积区,远离物 源(图4)。以仅保留下降半旋回记录为特征,上升 半旋回表现为欠补偿的"饥饿"沉积,它形成于可容 纳空间较大,沉积物供给不充分的环境下。层序序 列为下细上粗的反韵律。

4.2.3 对称性旋回

该类型旋回主要出现在三角洲前缘沉积区,也 是油砂山油田上干柴沟组地层中发育最广泛的一 类旋回结构(图4)。其层序由下降半旋回和上升半 旋回组成,但在不同的地区具有一定的不完全对称 性,或以下降半旋回为主,或以上升半旋回为主。 形成于可容纳空间增长速度接近沉积物供给率的 弱补偿或欠补偿沉积条件下。

4.3 中期基准面旋回结构



图 2 短期旋回基本类型 a.中02 井; b.新中265 井; c.新中102 Fig. 2 Main types of the short-term base-level cycles a. Zhong-02 well; b. Xinzhong-265 well; c. Xinzhong-102 well

通过对短期基准面旋回叠加样式的分析,在测 井曲线上可以识别出6类中期基准面旋回,自下而 上依次为: MSC1、MSC2、MSC3、MSC4、MSC5、MSC6。 分别对应于上干柴沟组 XIII、XII、XI、X、IX、VIII 油 组。旋回的顶底是基准面上升到下降的转换面,多 数由水退开始到水进结束。其间又由多个反韵律、 复合韵律、正韵律砂体构成(图3)。

4.2.1 基准面上升的不对称旋回

(1) MSC1 时期为一基准面上升的不对称型旋回,下降半旋回地表遭受河道下切侵蚀而无沉积记录。自然电位起伏明显,自然伽玛呈齿状中-低值起伏,底部相对集中的分布一套(2~5 层)砂岩和含砾

粗砂岩 砂岩底部常见冲刷面,以此作为与下干柴 沟组的分界线。平面上沿着主物源从西北到东南 方向该套砂岩厚度逐渐减薄,由于基准面上升时 期,地表和基准面交点向上坡方向移动,增大了可 容纳空间的范围,盆地边缘三角洲前缘亚相沉积物 的储存能力增加导致向下坡方向搬运的有效沉积 物体积减少,因此堆积在靠近盆地中心位置的滨浅 湖-半深湖相域内沉积物体积相应减少(图4)。从 二维剖面上看,同一沉积体系的地层在相同时间单 元内、不同地理位置沉积地层厚度不同。垂向上自 下而上依次为三角洲前缘水下分流河道-水下天然 堤-河口坝,为一退积层序序列。

深度/m	地层			311 411	GR	颜山此如雨	Rt	50hr +11	जार क्रीन	超短期	短期	中期	长期
	系	统	组	ATT REF	SP	色石性削曲		何以 个日	业区不用	旋回	旋回	旋回	旋回
320 -			上新统	下油砂 山 组		4	Mary	水下公运河道			Λ	٨	
340 -							www	大下分流河道        支流间湾        水下分流河道        支流间湾		$\left \right\rangle$	$\left  \right\rangle$	$\left  \right $	
360 -				VIII		5	MM	水下分流河道	=	$\bigotimes$	$\bigcirc$		
380.			上		Mur .	3 -	Marth	又派问得		$\diamond$	$\bigcirc$		
400-	新	中	Ŧ			2	howman	河口坝 远砂坝	角		$\bigcirc$	MIS	36
420-				ıx	33	2	Munn	河口坝 支流回湾 河口坝		Ž		$\wedge$	
440 -	近	新	柴			1 - 2 ··· ·· 1 -	Lowbar	支流间湾 河口坝 支流间湾	洲	$\bigotimes$	$\bigtriangledown$	MA	C5
460-	X	练	沟	x	WW	1	MJUN	河口坝    水下天然堤    水下分流河道	前	$\left \right\rangle$			
480 -	74	-76			mon	<u>4</u> · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	whit	支流回湾        水下分流河道        支流间湾        支流间湾        水下分流河道		$\left  \right\rangle$	$\mathbb{V}$	Ma	64
500-			组	XI	Mor	4	Mun	支流间湾 水下分流河道 水下天然堤 支流间湾	缘	$\overline{\langle}$			
520 -					mon	5	www.	水下分流河道河口坝		$\ge$	X	A15	23
540-				XII	MM	$5 \cdot \cdot$	MM	水下分流河道 水下分流河道 水下分流河道		$\ge$		$\left( \right)$	
560-					Www	1	JULM	远砂坝		$\mathbf{i}$	X	МВ	22
580.				хш	- Maria	1 -	al mark	支流间湾 水下分流河道			X		
600-					Swy /	5	June	水下天然堤 水下分流河道		Ž		MSC	1
						•••• 2	-••• 3	4 _ 5					

图 3 油砂山油田高分辨率层序地层划分(中 299 井) 1. 粉砂岩; 2. 砾岩; 3. 泥质粉砂岩; 4. 细砂岩; 5. 泥岩

颜色说明:1. 棕红色;2. 棕色;3. 灰绿色;4. 灰白色;5. 灰色

Fig. 3 High-resolution sequence stratigraphic division of the Youshashan Oil Field

1 = siltstone; 2 = conglomerate; 3 = muddy siltstone; 4 = fine-grained sandstone; 5 = mudstone

(2) MSC2 时期为一对称型旋回,由2~3个短 期旋回组成。基准面旋回内砂泥岩互层或者泥岩 夹砂岩,可见黄铁矿和菱铁矿等自生矿物。自然电 位起伏较明显,自然伽玛呈齿状中-低值起伏。基准 面下降半旋回内,湖岸线向沉积盆地中心迁移,但 基准面仍处于一相对较高位置,主要为三角洲前缘 水下分流河道、水下天然堤、滩坝和浅湖席状砂,发 育交错层理,波状层理,透镜状层理、包卷层理和水 平层理。基准面上升半旋回内,湖岸线向盆地边缘 迁移,可容纳空间增大,在三角洲前缘前方发育一套



图 4 三角洲、湖泊相基准面旋回分布模式(图例见图 3) Fig. 4 Base-level cyclic patterns in the delta and lake facies (symbols as in Fig. 3)

#### 规模不大的前三角洲泥岩。

(3) MSC3 时期为一不完全对称型旋回,由2个 短期旋回组成,基准面旋回内砂泥岩互层。自然电 位起伏较明显,自然伽玛亦有起伏。该期旋回厚度 约为40~50m,对应于 XI 油组,是上干柴沟组地层 中厚度最薄的一个油组。下降半旋回所经历沉积 时间较短,主要是以上升半旋回为主。在基准面单 向移动到幅度最大值时,全区发育一套稳定的泥岩 层,以此为旋回边界与 MSC4 分开。在该期旋回结 束后,整个柴达木盆地开始进入一个湖退阶段<sup>[13]</sup>。

(4) MSC4 时期为一对称型旋回,由2~4 个短 期旋回组成,自然电位起伏较大,上升半旋回曲线 为一钟形,曲线幅度组合包络线斜率向上减小,反 映水流能量向上减弱,水进速度越来越快<sup>[16]</sup>(图 5),代表了基准面上升时期河道的侧向迁移或逐渐 废弃,发育波状交错层理、脉状层理、块状层理和液 化变形构造。自然伽玛呈齿状低值起伏,在下降半 旋回底部,曲线为异常特高值,在测井曲线上易于 识别。

(5) MSC5 时期为一不完全对称型旋回,由2~4 个短期旋回组成,砂泥岩互层,自然电位波动起伏, 自然伽玛低值平缓。为一湖退进积的地层叠加样 式。在湖盆边缘主要以上升半旋回为主,下降半旋 回多遭受剥蚀而很少保存,由三角洲平原水上分流 河道、陆上天然堤和决口扇组成;在湖盆边缘下坡 位置,由于基准面上升和下降期间均有足够的可容 纳空间使沉积物得以保存,旋回对称性变好,由三 角洲前缘水下分流河道、河口坝、水下天然堤及支 流间湾组成,自下而上常发育冲刷构造-小型槽状交 错层理-块状层理-平行层理-波状交错层理-波状层 理-水平层理的组合,同时,还见有生物潜穴等生物 扰动构造;至盆地沉积中心,由深湖-半深湖构成,沉 积物供应减少,表现为饥饿沉积,上升半旋回发育 不好,以下降半旋回占据主导。



图 5 MSC4 期典型自然电位曲线包络形态(中 265 井 图例 见图 3)

Fig. 5 Representative self-potential logs for the Zhong-265 well during the deposition of MSC4 (symbols as in Fig. 3)

(6) MSC6 时期为一对称型旋回,由4个短期旋回组成。砂泥岩互层,或者砂岩夹泥岩。自然电位变化较大,自然伽玛低值波动起伏,顶底均为中-高值而与上下地层分开。基准面旋回内发育三角洲平原、三角洲前缘和湖泊相,其中以三角洲前缘亚相最为常见,沉积构造有交错层理、脉状层理、波状层理及同生变形构造。

### 4.4 长期基准面旋回结构

通过综合分析自然电位、自然伽玛及电阻率曲 线 结合中期基准面旋回的划分和叠加样式,在油 砂山油田上干柴沟组可以识别出1个对称型的长期 基准面旋回(LSC)。其中 MSC1、MSC2 和 MSC3 中 期旋回构成基准面上升的湖进退积叠加样式, MSC4、MSC5 和 MSC6 中期旋回构成基准面下降的 湖退进积叠加样式。旋回界面转换点为异旋回形 成的最大湖泛面,该湖泛面在全区分布稳定形成一 套广泛发育的泥岩,自然伽玛为异常高值,横向上 易于追踪,可作为地层对比的良好标志层,底界面 为冲刷侵蚀面。

## 5 高分辨率层序地层格架及砂体展布

层序地层格架系指同时代形成的岩层有序地 纳入相关的年代地层对比格架中,因而层序地层格 架中的地层都应是同时代形成的,并被具有等时对 比意义的层序界面限定在一定年代间隔内,或者说 层序格架中的层序地层单位是被具有年代意义的 物理界面所限定的,具有同步沉积演化序列的等时 岩石组合<sup>[14]</sup>。在高分辨率层序地层分析中,最具等 时对比意义的是中期旋回。由于中期旋回由一系列



图 6 油砂山油田上干柴沟组高分辨率层序等时地层格架

Fig. 6 High-resolution isochronous stratigraphic framework for the Upper Ganchaigou Formation in the Youshashan Oil Field

具有进积、加积和退积叠加样式的短期旋回叠加组 成<sup>[12]</sup>,为此,本次研究首先在中期基准面旋回基础 上,建立等时地层对比格架。图6为研究区一条顺 着物源方向的剖面,各中期旋回都比较对称,每个 旋回所限定的等时地层厚度在全区都基本相等,稳 定发育,表明影响上干柴沟组地层厚度的主要因素 为沉积相的变化,无大规模侵蚀作用的发生。

沉积旋回内砂体的发育和展布不仅与旋回所 处的级次及该级次旋回在高级次旋回中的位置有 关<sup>[18]</sup> 还与所处的沉积体系有关(图6)。MSC1 位 干长期基准面上升早期,旋回内基准面加速上升, 可容纳空间不断变大 短期旋回内沉积序列和旋回 保存程度相对较完整。储集砂体主要为三角洲沉 积体系的水上分流河道-水下分流河道,旋回下部可 容纳空间较小 ,沉积物供应充分 ,河道下切和侧切 作用相对较强,单一河道彼此互相叠置,单砂体延 伸距离长,连续性较好,多呈拼合板状。储层物性 相对较好 砂地比为 0.4687 岩心孔隙度为 5.6% ~ 28% ,平均孔隙度为 20.2% ,岩心渗透率为 0.1~ 2369.1mD,平均渗透率为425.9mD。MSC2-MSC5 位于长期基准面上升晚期和下降早期,均为中期基 准面下降到最低点后折向上升的演化模式 ,各中期 旋回内的短期旋回大部分为对称型,因而高可容纳 空间形成的泥质沉积和低可容纳空间形成的砂质 沉积在中期旋回内均发育并能保存。在三角洲沉 积体系砂泥岩互层,储集砂体主要为水下低弯度河 道充填砂和河口坝砂体,呈迷宫状和拼合板状,单 砂体规模相对较小,彼此之间连续性较 MSC1 时期

也变差,砂体之间的低渗透层或非渗透层规模变 大 某些重叠砂体之间也存在非渗透隔层 ,此时该 沉积体系内的非均质性明显增强,生产动态数据也 表明 这一时期的地层在开发中后期水驱效果不明 显 剩余油分布较多;湖泊体系单砂体主要为席状 砂、砂体分布范围较广泛但分布数量较少,多呈千 层饼状。MSC2-MSC5 基准面旋回内储层物性较 MSC1 变差 砂地比为 0.3826 ,岩心孔隙度为 3.4% ~ 34.5%, 平均孔隙度为 14.5%, 岩心渗透率为 0.005~17430.4mD ,平均渗透率为 56.8mD。MSC6 位于长期基准面下降晚期,可容纳空间变小,以三 角洲前缘亚相为主,储集砂体主要为水下分流河道 和河口坝。平面上水下分流河道砂体呈条带状分 布 长宽比介于 7:1 和 20:1 之间,河口坝砂体形态 平面上呈扇状,纵向上连通性好。MSC6 旋回内砂 地比为 0.4692 岩心孔隙度为 2%~26.9% ,平均孔 隙度为 18.1% ,岩心渗透率为 0.1~9916.3mD ,平 均渗透率为 243.8mD。

## 6 结论

(1)对油砂山油田上干柴沟组地层进行高分辨 率层序分析,将上干柴沟组划分为超短期旋回、短 期旋回、中期旋回和长期旋回,以湖泛面为界的各 中期旋回分别对应于 XIII-VIII 油组,控制了各油组 的油水关系。

(2)建立了油田范围上干柴沟组地层的高分辨 率层序格架 在旋回级次和沉积体系的控制下对有 利砂体进行刻画 ,长期基准面上升早期和下降晚期

## 及三角洲体系为砂体发育的最有利部位。

#### 参考文献:

- [1] CROSS T A et al. Application of high-resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis [ A ]. Eschard R et al. Reservoir Characterization from Outcrop Investigations: Proceedings of the 7th Exploration and Production Research Conference [C]. Paris: Technip ,1993. 11.
- [2] 邓洪文,汪红亮,祝永军,等.高分辨率层序地层学──原理及 应用[M].北京:地质出版社 2002.
- [3] 荣建锋. 柴达木盆地西部干柴沟地区上、下油砂山组高频沉积 旋回及成因机制研究[D]. 成都: 成都理工大学沉积地质研究 院 2009.6-8.
- [4] 顾树松.中国石油地质志.卷十四[M].北京:石油工业出版 社,1990.83-85.
- [5] 蒋宏忱,于炳松,王黎栋,等.柴达木盆地西部红狮凹陷第三系 下干柴沟组沉积相分析[J].沉积学报,2003,21(3):391 -397.
- [6] 王鹏 赵澄林. 柴达木盆地北缘地区第三系碎屑岩储层沉积相 特征[J]. 石油大学学报(自然科学版) 2001 25(1):12-15.
- [7] 刘泽纯,王建,王永进,等.柴达木盆地茫崖凹陷井下下第三系的年代地层学与气候地层学研究[J].地层学杂志,1996,20
  (2):104-111.

- [8] 青海石油管理局勘探开发研究院,中科院南京地质古生物研究所.柴达木盆地第三纪孢粉学研究[M].北京:石油工业出版社,1985.38-41.
- [9] 王琳 ,贾英兰 姜义权 ,等. 柴达木盆地油砂山油田沉积相[J]. 新疆石油地质 2005 26(4):373-376.
- [10] 张尚峰 涨昌明,李少华,等.基准面旋回的层次划分与对比
   以坪北油田长4+5-长6油层组为例[J].江汉石油学院
  学报 2003 25(4):5-8.
- [11] 郑荣才 彭军 吴朝容. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研 究意义[J]. 沉积学报 2001, 19(2): 249 - 254.
- [12] 郑荣才, 尹世民, 彭军. 基准面旋回结构与叠加样式的沉积动 力学分析[J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 369 – 374.
- [13] 陈新领. 柴达木盆地柴西地区喜马拉雅运动与油气成藏研究[D]. 成都: 西南石油学院 2004. 19 23.
- [14] 张晓莉. 子北油田三叠系延长组高分辨率层序地层及储层特 征研究[D]. 西安: 长安大学 2009.26 - 66.
- [15] 何幼斌,王文广.沉积岩与沉积相[M].北京:石油工业出版 社 2007.
- [16] 马正.应用自然电位测井曲线解释沉积环境[J].石油与天然 气地质,1982 3(1):25-39.
- [17] 郑荣才 彭军. 陕北志丹三角洲长 6 油层组高分辨率层序分 析与等时对比[J]. 沉积学报 2002 20(1):92-100.
- [18] 尹艳树,吴胜河,尹太举. 濮城油田沙三中亚段高分辨率层序 地层学[J]. 地层学杂志 2006 30(1):54-59.

# High-resolution sequence stratigraphic analysis of the Upper Ganchaigou Formation in the Youshashan Oil Field , Qaidam Basin , Qinghai

ZHOU Bin<sup>1</sup>, TANG Jun<sup>1</sup>, LIAO Chun<sup>2</sup>, ZHOU Jin-ying<sup>3</sup>, GUI Bi-wen<sup>4</sup>, LIU Qing-wen<sup>2</sup>, LIN Yi-kang<sup>2</sup>

(1. School of Geosciences, Yangtze University, Wuhan 430100, Hubei, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Qinghai Oil Field Company, PetroChina, Dunhuang 736202, Gansu, China; 3. Chengdu Office, Shell China Exploration and Production Co., Ltd., Chengdu 610016, Sichuan, China; 4. Research Center, China Zhenhua Oil Co., Ltd., Chengdu 610016, Sichuan, China)

**Abstract**: In the light of the high-resolution sequence stratigraphic theory presented by Cross , and well logs and core observation in this study , the strata of the Upper Ganchaigou Formation in the Youshashan Oil Field , Qaidam Basin , Qinghai may be divided into 15 to 20 short-term , 6 medium-term and 1 long-term base-level cyclic sequences. The present paper focuses on the analysis of sedimentary facies and evolution within the individual cycles , construction of the high-resolution isochronous stratigraphic framework in the ascending and descending hemicycles of the medium-term cycles and sandstone distribution in the Upper Ganchaigou Formation. It is indicated that the early ascending hemicycles ,late descending hemicycles and the delta system are interpreted to be the most favourable zones for the development of reservoir sandstones.

Key words: Youshashan Oil Field; high-resolution sequence stratigraphy; Upper Ganchaigou Formation; baselevel; stratigraphic framework