

玉门油田老君庙构造带白杨河组层序地层及沉积体系特征

喻宸^{1,2},吴胜和^{1,2},杜文博³,岳大力^{1,2},陈诚^{1,2},秦国省^{1,2}

(1. 中国石油大学 地球科学学院,北京 102249; 2. 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室,北京 102249;

3. 中国石油 玉门油田分公司 勘探开发研究院,甘肃 酒泉 735200)

摘要:为揭示老君庙构造带白杨河组层序地层特征及沉积体系分布规律,应用层序地层学及沉积学理论和方法,综合利用大量岩心、钻井、测井、地震及邻区露头资料,建立了酒西盆地老君庙构造带白杨河组层序地层格架,确定了研究区沉积相类型及分布特征,明确了其演化规律及控制因素。研究表明,老君庙构造带古近系白杨河组可划分为一个完整的三级层序,其内部可以细分为7个准层序组。在层序内识别出冲积扇、辫状河、辫状河三角洲及湖泊等沉积相。明确了沉积相的分布规律,垂向上形成由冲积扇到辫状河三角洲,再到湖泛泥岩,最后是三角洲的沉积体系;平面上呈近南东-北西向上展布的沉积体系,整体构成一个水进、水退的沉积序列。古地貌影响了三级层序低位域沉积物的展布特征,气候不仅影响了沉积物类型,且和湖平面变化共同控制了沉积物的叠置样式及演化规律。

关键词:白杨河组;层序地层;沉积体系;老君庙构造带;玉门油田;酒西盆地

中图分类号:TE122.2

文献标识码:A

Sequence stratigraphy and depositional system of the Baiyanghe Formation in the Laojunmiao structural belt, Yumen oilfield, Jiuxi Basin, Northwest China

Yu Chen^{1,2}, Wu Shenhe^{1,2}, Du Wenbo³, Yue Dali^{1,2}, Chen Cheng^{1,2}, Qin Guoshen^{1,2}

(1. College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Yumen Oilfield Company, PetroChina, Jiuquan, Gansu 735200, China)

Abstract: Sequence-stratigraphic and sedimentologic theories and methods were employed in the study of sequence stratigraphic features and sedimentary system distributions in the Baiyanghe Formation of the Laojunmiao structural belt in Yumen oilfield, Jiuxi Basin, northwestern China. Data gathered through core and outcrop observation and analyses, drilling and logging, and seismic events, were resorted to establish sequence stratigraphic framework, determine the types and distribution of sedimentary facies, and understand evolution pattern and controlling factors in the Formation. The result shows that the Formation can be described as a complete three-order sequence, which can be divided into 7 quasi-sequence sets. Sedimentary facies including alluvial fans, braided rivers, braided river deltas and lake deposits, were recognized in the sequence. Depositional facies varied vertically from alluvial fans to braided river delta and then to lake flooding mudstone and finally to delta. Horizontally, the facies presents itself as a near southeast-northwest sedimentary system—a sedimentary sequence of water transgression and regression. Paleogeomorphology controlled the distribution of the sediments of lowstand system tract of the three-order sequence and climate affected the types of sediments and controlled the superimposed style and evolution pattern of the sediment in the Formation.

Key words: Baiyanghe Formation, sequence stratigraphy, depositional system, Laojunmiao structural belt, Yumen oilfield, Jiuxi Basin

中国中西部发育大量的挤压性盆地,由于其含有大量的油气,而广受关注。应用层序地层学理论和方法对层序地层格架及沉积体系分布规律进行研究,是该类盆地油气勘探与开发中的热点问题^[1-5]。近年

来,由于勘探开发的需要,从盆地规模的层序和沉积体系研究向高频层序地层或准层序组级次深化。建立层序地层格架,在层序格架内进行沉积体系研究,显得尤为重要^[6-9]。

收稿日期:2014-07-21;修订日期:2015-05-03。

第一作者简介:喻宸(1985—),男,博士研究生,油气田开发地质。E-mail:yc56000@126.com。

通讯作者简介:吴胜和(1963—),男,教授,储层地质学。E-mail:reser@cup.edu.cn。

基金项目:国家自然科学基金项目(41372116)。

玉门油田老君庙构造带是我国最早的油气勘探区块之一,是我国最早进行工业化开发的区块,也是玉门油田的主力产油区块。大量研究表明,由于受到喜马拉雅运动和印度洋板块碰撞的影响,酒西盆地从古近纪开始进入挤压拗陷阶段^[10],其中古近系白杨河组为其主要储层,已投入开发的石油沟、老君庙和鸭儿峡3个油田累计产量占玉门油田总产量的84%。该区块在进入勘探开发后,众多学者对其构造、沉积及油气成藏进行了大量研究^[11-18],取得较多成果,但主要是针对酒西盆地白杨河组,或某个油田范围内小层的地层和沉积相的研究。由于历史原因,20世纪80年代以后,众多学者的研究重点集中在酒西盆地的构造及其演化上^[7-10],而缺少对老君庙构造带的层序地层及沉积体系分布规律的关注,更缺乏对其系统研究,这严重制约了老区的进一步勘探和开发部署。本文选取酒西盆地老君庙构造带为研究对象,在层序地层学与沉积学理论的指导下,通过对大量地震、钻井、测井、岩心及露头资料的综合分析,对研究区内部沉积体系分布及演化规律进行系统研究。

1 区域地质背景

酒西盆地位于甘肃省河西走廊最西端,为阿尔金

地块、华北板块西北缘阿拉善地块与北祁连造山带的结合部位,整体呈北西西向展布,南北宽110 km,东西长约90 km,总面积为4 000 km²。酒西盆地进一步可以划分为青西凹陷、石大凹陷、花海凹陷、赤金凹陷、青北凸起和南部凸起共6个二级构造带。老君庙构造带位于酒西盆地南部凸起及青西次凹(图1),南达北祁连山造山带,北到老君庙逆冲推覆带,东到青头山,西达鸭儿峡油田。

酒西盆地在古生代褶皱基底之上,中生代早白垩世为伸展断陷演化阶段,从晚白垩世开始,全盆地由拉伸环境转化为挤压构造环境,盆地开始褶皱抬升,为挤压隆升的陆内拗陷型盆地^[10]。盆地内缺失晚白垩世-古新世沉积^[11],始新世时期受到阿尔金断裂影响,在盆地北部沉积了火烧沟组^[12],但仅在盆地北部发育。渐新世-中新世开始转为前陆盆地阶段,构造应力转化为近南北向,祁连山前缘挤压变形形成狭长的拗陷沉降带,在整个酒西盆地沉积了稳定的白杨河组冲积扇-河流-三角洲相碎屑岩沉积体系,厚400~500 m,与下覆火烧沟组形成角度不整合或平行不整合。后期的逆冲褶皱期盆地构造活动强烈,发育大规模推覆体运动,造成早期的古近系和新近系大面积沉积体卷入祁连山逆冲断裂带下^[10-13],盆地南缘在现今祁连山以南30 km以外^[14]。盆地经过复杂的构造演化历

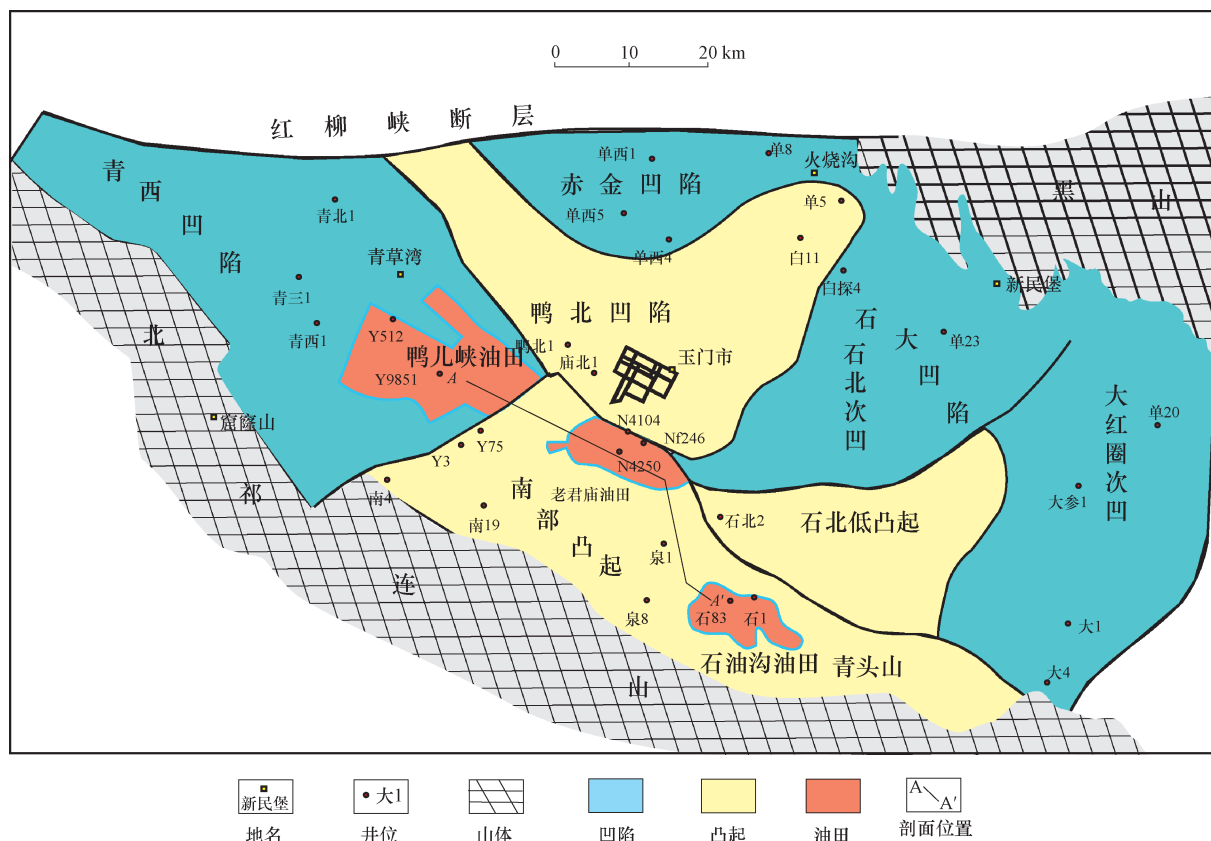


图1 酒西盆地构造单元划分

Fig. 1 Division of structural unit in Jiuxi Basin

史,第四纪酒西盆地经过强烈的挤压推覆,形成了现今研究区老君庙构造带的多层冲断席推覆叠置的特征。

2 层序地层格架

2.1 层序地层划分及界面特征

三级层序是不整合面及其对应的整合面所限定的地层单元,一般为盆地充填体,不整合面多分布于盆地的边缘,且此类不整合面常为低角度的侵蚀不整合面,在地震剖面上的特征不如构造层序明显^[19],

反应的是沉积速率与沉降速率的变化,与沉积环境的改变密切,相关三级层序界面表现为沉积相带的转化。研究区老君庙构造带白杨河组层序底界面为KEB1,对应下白垩统与古近系之间的角度不整合面,是酒西盆地规模最大的不整合面之一,是一级层序界面。在老君庙构造带缺失上白垩统、古新统及始新统,在青头山露头上表现为上覆白杨河组棕红色砂岩与下伏的石炭系紫红色泥岩的不整合(图2),在地震剖面上表现为削截反射特征(图3),界面上下测井曲线特征差异明显,如老君庙油田 NF246 井的自然伽马和电阻率曲线明显坎值(图4)。

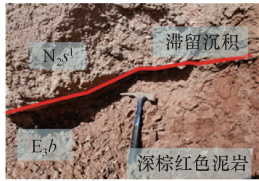
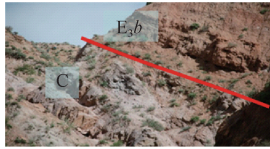
地层系统						厚度(m)	三级层序	体系域	准层序组	露头层序					
界	系	统	组	段	层										
新 生 界	古 近 系	渐 新 统	白杨河	干油泉	KCJ	260~280	SQ1	HST	7						
					K				6						
									5						
									4						
				石油沟	BC	44~105		TST	3						
					间泉子	L			100~140			2			
						L-M									
						M									
				火烧沟											

图2 玉门油田老君庙构造带古近系白杨河组层序划分

Fig.2 Sequence stratigraphic framework of the Baiyanghe Formation in the Laojunmiao structural belt, Yumen oilfield

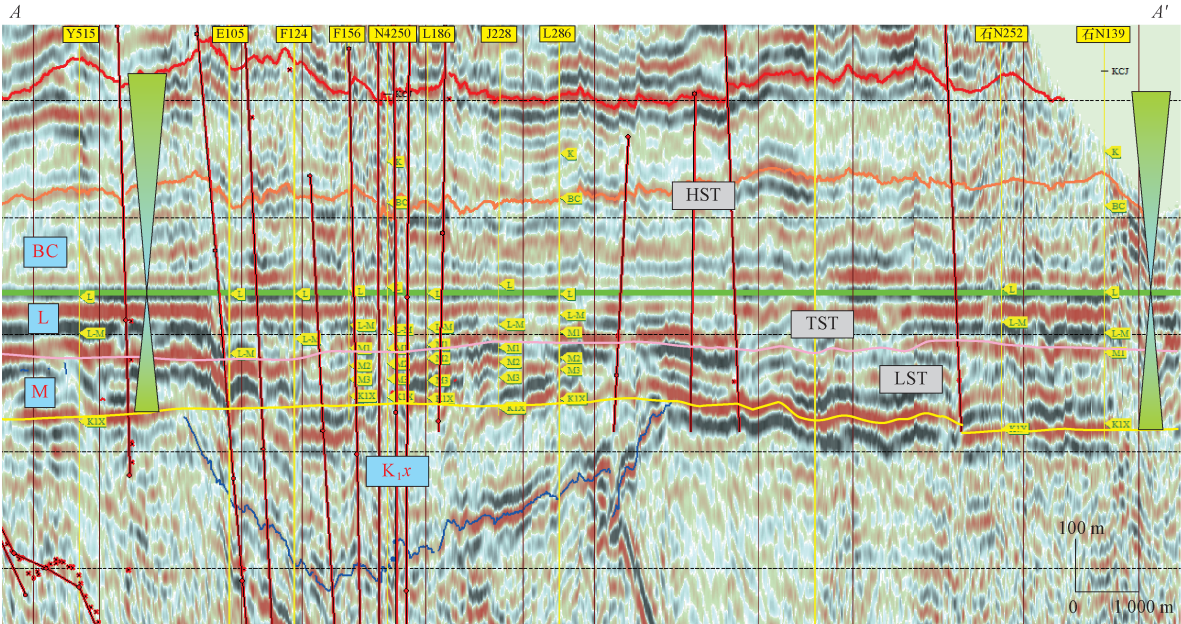


图3 层序界面地震反射特征(层拉平,剖面位置见图1)

Fig.3 Seismic reflection characteristics of the sequence boundaries(flattened profile,see Fig.1 for the profile location)

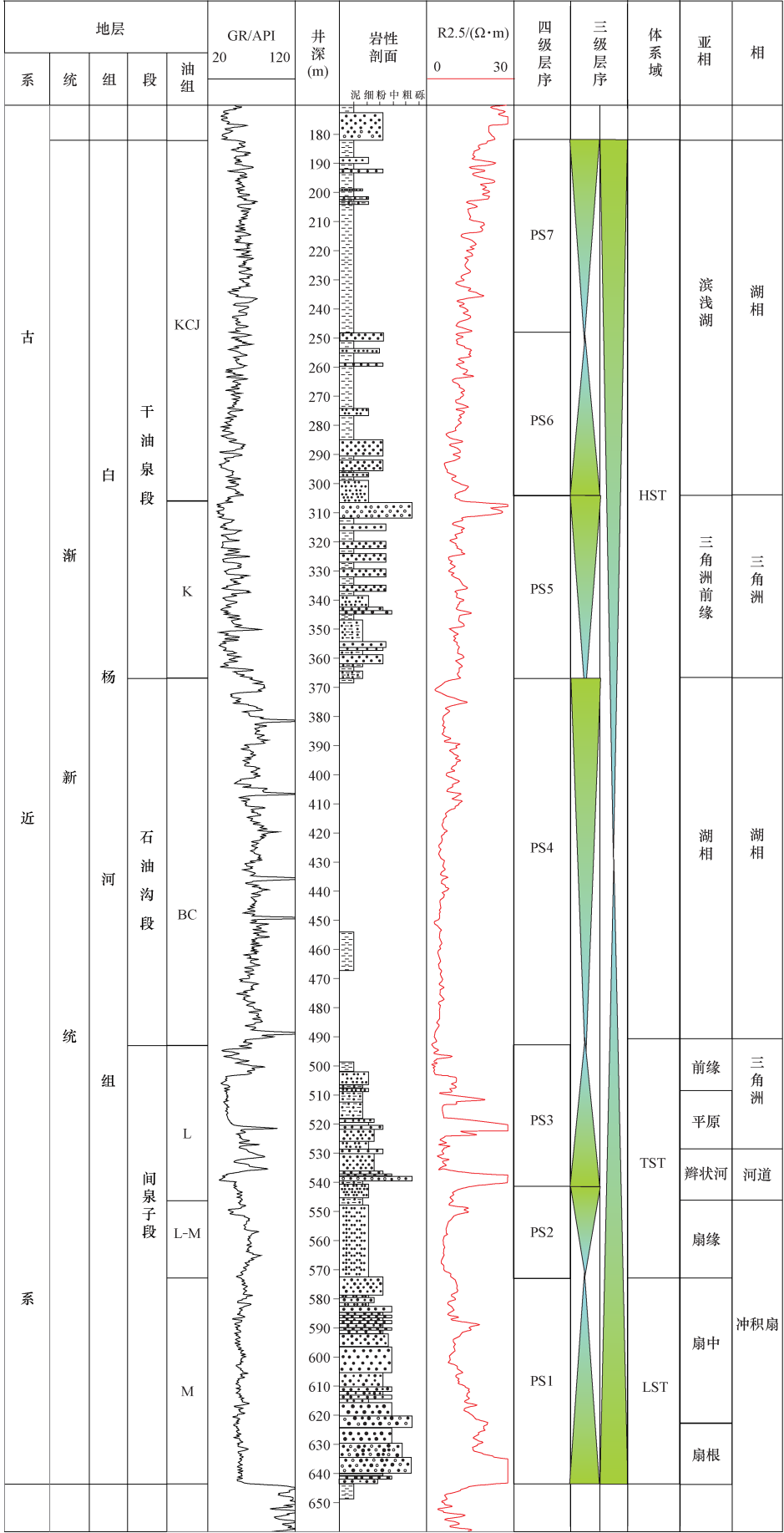


图 4 老君庙构造带 NF246 井层序划分与沉积相分析

Fig. 4 Sequence classification and deposition analyses of NF246 well in the Laojunmiao structural belt

白杨河组顶界面对应古近系与新近系之间的区域平行不整合面 NEB1。在研究区内,地震剖面上无明显反射差异。在露头上表现为冲刷不整合面,界面之上新近系辫状河砂岩与界面之下棕红色泥岩突变接触,各类测井曲线上表现为幅度值较大的突变,表明水体突然变浅(图4)。

准层序组是一套成因上有联系的准层序独特叠置样式,是三级层序内部次一级的基准面变化造成的沉积旋回,其边界主要为明显的湖泛面或与之对应的地层界面。准层序组界面识别的主要依据是湖侵泥岩或不同准层序组叠加样式的转换面。本次研究将白杨河组三级层序内划分为7个准层序组(图4)。PS1 层序单元位于白杨河组最底部,是一个退积式准层序组,其内部岩性由下自上从棕红色含砾粗-中砂岩逐渐过渡为中-细砂岩、细砂岩,厚度由东南向西北减薄,在研究区西北部尖灭,该层序单元构成了三级层序的低位体系域。PS2 层序单元位于白杨河组中部,为一个进积式准层序组,底界面是初始湖泛面,顶界面是进积-退积转换面。PS3 位于白杨河组中上部,为一个退积式准层序组,其顶界面为一套棕红色泥岩,俗称“巧克力泥岩”,是最大湖泛面,PS2 和 PS3 共同构成三级层序湖侵体系域。PS4—PS7 层序单元位于白杨河组中-上部,是3个进积式准层序组和1个退积式准层序组共同构成的三级层序高位体系域。

2.2 层序地层格架

通过对岩心、测井、录井及地震资料的分析,在老君庙构造带古近系白杨河组识别出1个三级层序,在三级层序内部识别7个准层序组,其中低位体系域由1个准层序组构成,湖侵体系域由2个准层序组构成,高位体系域由4个准层序组构成,建立了研究区不同级次层序地层格架(图2—图4)。

3 沉积体系类型及特征

依据露头、岩心和测井资料,结合区域构造演化及其他辅助资料,确定老君庙构造带白杨河组存在冲积扇、辫状河、三角洲及湖泊4种沉积类型,沉积体系分布受到构造、气候及物源的影响。

3.1 冲积扇

冲积扇主要分布在白杨河组最底部 M 层,即 PS1 层序单元,物源为南部古祁连山,岩性主要为棕红色含砾粗砂岩、中-粗砂岩或中-细块状砂岩,杂基含量

高,分选磨圆差,具有低的结构成熟度和成分成熟度,是干旱、半干旱环境下沉积物快速沉积的产物。以粒序层理(图5a)与块状层理为主(图5a,b),显示快速搬运沉积的特征,见小型平行层理和斜层理,综合反映出碎屑流与牵引流共存。底部片流砂体自然电位曲线呈钟形、漏斗形,曲线锯齿明显,横向上砂体连续,为底平顶凸的砂体形态,主要受古地形控制。

3.2 辫状河

辫状河垂向上主要分布在 L 层,平面上主要分布在石油沟-老君庙油田一带,主要发育辫状河道砂体和河道间细粒沉积。辫状河道沉积以棕红色细砂岩、含粗砂细砂岩、含砾粗-中砂岩为主,底部见滞留沉积砾岩(图5d),上部沉积粒度较细,局部钙质团块富集,与冲积扇中辫状河相比,其分选磨圆相对较好,杂基含量相对较低。粒度概率曲线为典型的三段式,含有10%左右的滚动次总体部分和较高(>50%)的悬浮次总体部分,滚动次总体分选中等(斜率 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$),反应沉积水体动荡,多表现为牵引流沉积。测井曲线为箱形、钟形,多为正韵律(图6a)。横切物源剖面上可见顶平底凸的砂体形态。河道间沉积主要发育棕红色粉-细砂岩、粉砂岩或泥岩,测井曲线上呈低幅指状或平直状。

3.3 辫状河三角洲

辫状河三角洲沉积垂向上主要分布于老君庙构造带白杨河组 L 层和 K 层,即 PS3 和 PS5 层序单元,是研究区分布最广泛的沉积类型。辫状河三角洲沉积包括辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘亚相和前辫状河三角洲三个亚相。

辫状河三角洲平原主要包括分流河道、溢岸和泛滥平原沉积,其中以发育分流河道复合体为主,主要为棕红色细砂岩或粉细砂岩,局部含砾或底砾,分选中等,见分流河道底部滞留沉积(图5e),沉积构造见斜层理和平行层理(图5f—h)。自然电位及自然伽马曲线以中-高幅的钟形或箱形为主(图6b)。溢岸沉积以粉细砂岩、泥质粉砂岩为主,测井曲线以中-低幅度为主。

研究区辫状河三角洲前缘主要发育水下分流河道-河口坝复合体沉积,其中水下分流河道以浅棕红色细砂岩、粉细砂岩和粉砂岩为主,主要为正韵律沉积。沉积构造以交错层理、波状层理及平行层理为主,测井曲线以钟形为主(图6c)。河口坝沉积以棕红色细砂岩、粉细砂岩和粉砂岩为主,呈反韵律,分选较好,泥质含量较低,测井曲线以中高幅的漏斗形为主。前辫状河三角洲主要为泥岩夹粉砂岩,一般情况下,难以与湖相区分。

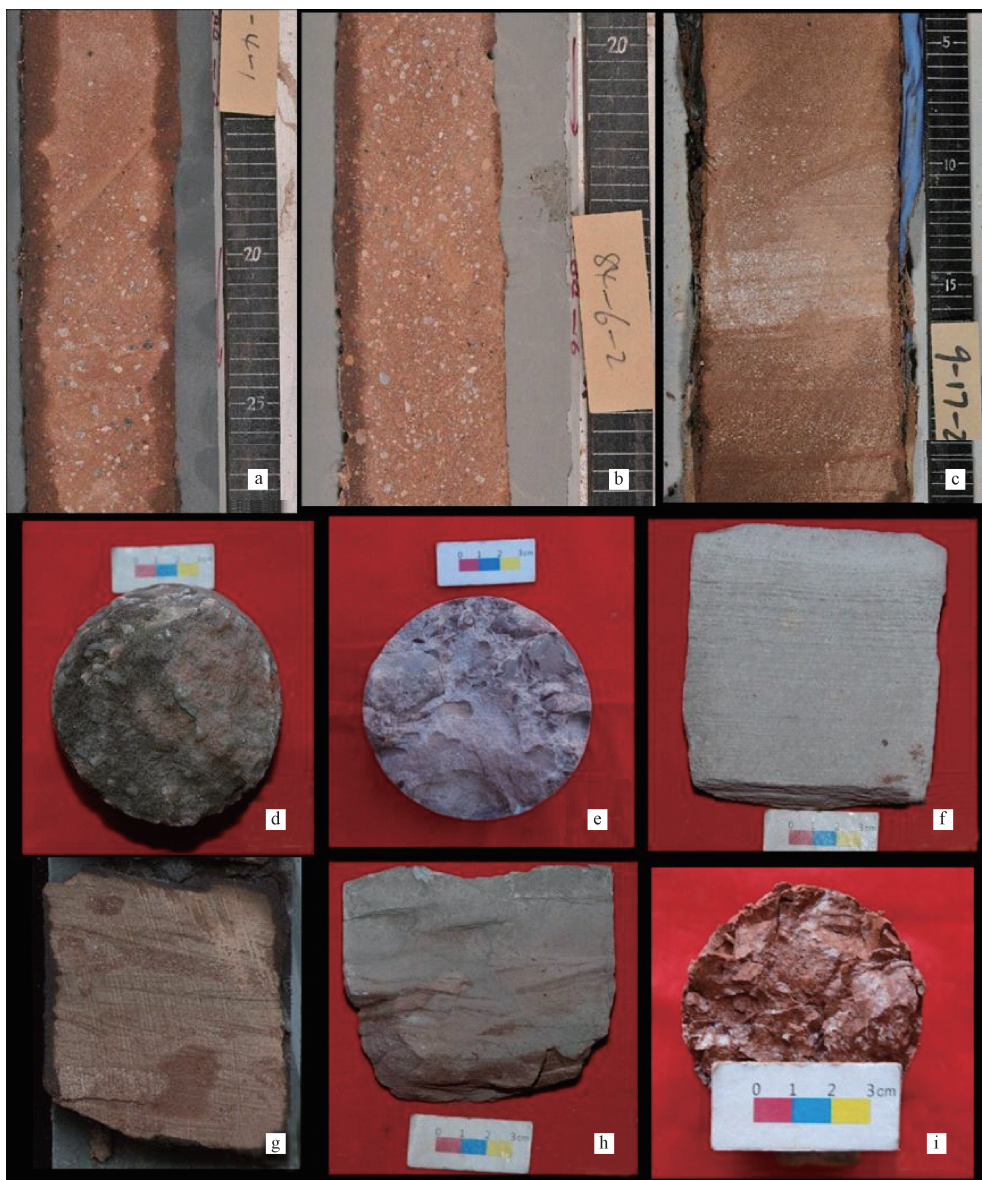


图5 玉门油田老君庙构造带典型沉积构造

Fig. 5 Typical characteristics of sedimentary petrology and structure in the Laojunmiao structural belt, Yumen oilfield

a. 粒序层理, M层, N4104井, 埋深604 m; b. 块状层理, M层, N4104井, 埋深601 m; c. 平行层理, M层, N4104井, 埋深586 m; d. 辫状河底部滞留沉积, L层, N4250井, 埋深671 m; e. 河道底部滞留沉积, L层, Y9811井, 埋深2 401 m; f. 平行层理, L层, Y9851井, 埋深2 805 m; g. 小型斜层理, L层, NF246井, 埋深509.2 m; h. 交错层理, L层, Y9851井, 埋深2 785 m; i. 巧克力泥岩, BC层, N4250井, 埋深631 m

3.4 湖相

研究区湖相沉积主要分布在白杨河组石油沟段BC层,以棕红色泥岩为主,泥岩较纯,俗称“巧克力泥岩”(图5i),在局部地区含有少量的滩坝砂体,以天青色钙质薄层泥质粉砂岩和粉砂岩为主,发育波状层理、水平层理,石油沟青头山露头见石膏。在测井曲线上,自然电位为近泥岩基线,高伽马,低电阻的特征。

4 沉积体系分布及演化规律

受区域构造活动的影响,酒西盆地在晚白垩世由

东西向拉张应力转变为以南北向挤压推覆为主,沉积物从东西分异转为近南北向展布,老君庙构造带从渐新世开始接受南部古祁连山物源^[13-14]。垂向上形成由冲积扇到辫状河三角洲,再到湖泛泥岩,最后是三角洲-滨浅湖沉积,平面上呈近南东-北西向上展布的沉积体系,整体构成一个水进水退的沉积序列。

PS1层序单元为白杨河组间泉子段底部,为一个退积式准层序组,构成了三级层序的低位体系域。受到喜马拉雅运动的影响,白杨河组开始接受古祁连山的物缘,沉积了一套细粒冲积扇-辫状河沉积体系,沉积时期古祁连山远离现今老君庙构造带,由于后期构造运动造成祁连山断裂带前移,使得前期部分沉积物

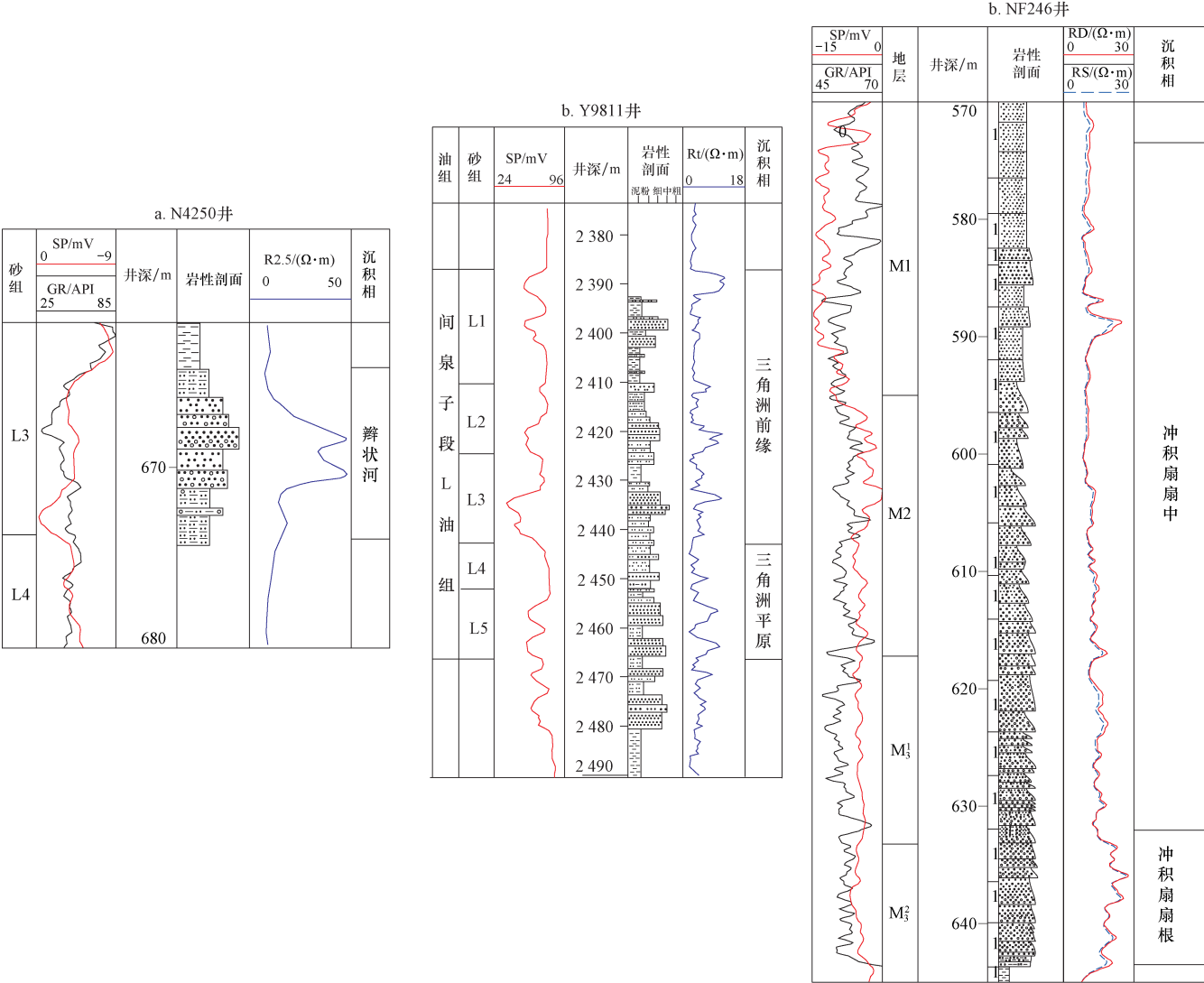


图 6 玉门油田白杨河组沉积体系典型测井曲线特征

Fig. 6 Typical characteristics of logging curves of the depositional system in the Baiyanghe Formation, Yumen oilfield

被卷入祁连山推覆体,被老地层覆盖。由于受到古地形影响,低位体系域沉积时期,在现今老君庙构造带最底部冲积扇仅局部发育,地层逐渐向上超覆,同时这套沉积起到了填平补齐的作用(图 7a—c),之后研究区古地形变得平缓。

湖侵体系域位于白杨河组中部,由一个进积式(PS2)和一个退积式(PS3)准层序组组成。PS1 层序单元沉积后,盆地地形相对变缓,发育一套稳定分布的辫状河—三角洲沉积体系,此时湖盆从北西向东南方向开始湖侵。之后由北西向东南方向大规模湖进,在石油沟—老君庙油田以辫状河—三角洲沉积为主,老君庙西部—鸭儿峡油田以三角洲—湖泊沉积为主(图 7d—f),形成研究区良好的储集层。

白杨河组顶部高位体系域以三角洲—湖相沉积为主,由多个进积式和退积式准层序组组成。PS4 层序单元主要为其中湖相沉积。在 PS5 层序单元主要为辫状河三角洲沉积,在石油沟—老君庙油田以辫状河三角洲平原—前缘为主,鸭儿峡地区以三角洲前缘沉积

为主(图 7、图 8),此时三角洲沉积与 PS3 时期的三角洲沉积相比,其分流河道砾石含量高和砾石粒度粗,反映了白杨河组顶部比底部构造活动强烈。

5 沉积体系控制因素

通过对沉积体系分布及演化规律的分析,研究区老君庙构造带古近系白杨河组沉积体系明显受到沉积古地貌、气候及湖平面变化的影响。在沉积早期,由于燕山运动形成起伏不平的侵蚀面,古地形差异大,这种地形差异导致沉积物呈南东—北西向展布。PS1 层序单元沉积时(图 7a),由于古地形差异,沉积物在研究区南部、西部缺失,从东部向西部超覆。

气候是沉积体系分布的重要控制因素。白杨河组沉积时期沉积物以棕红色砂泥岩为主,含石膏,反映研究区在沉积时期为干热气候。在 PS1 层序单元沉积时期,主要以递变层理和块状层理为主(图 5a,b),反映了干热环境下的快速堆积的特征。

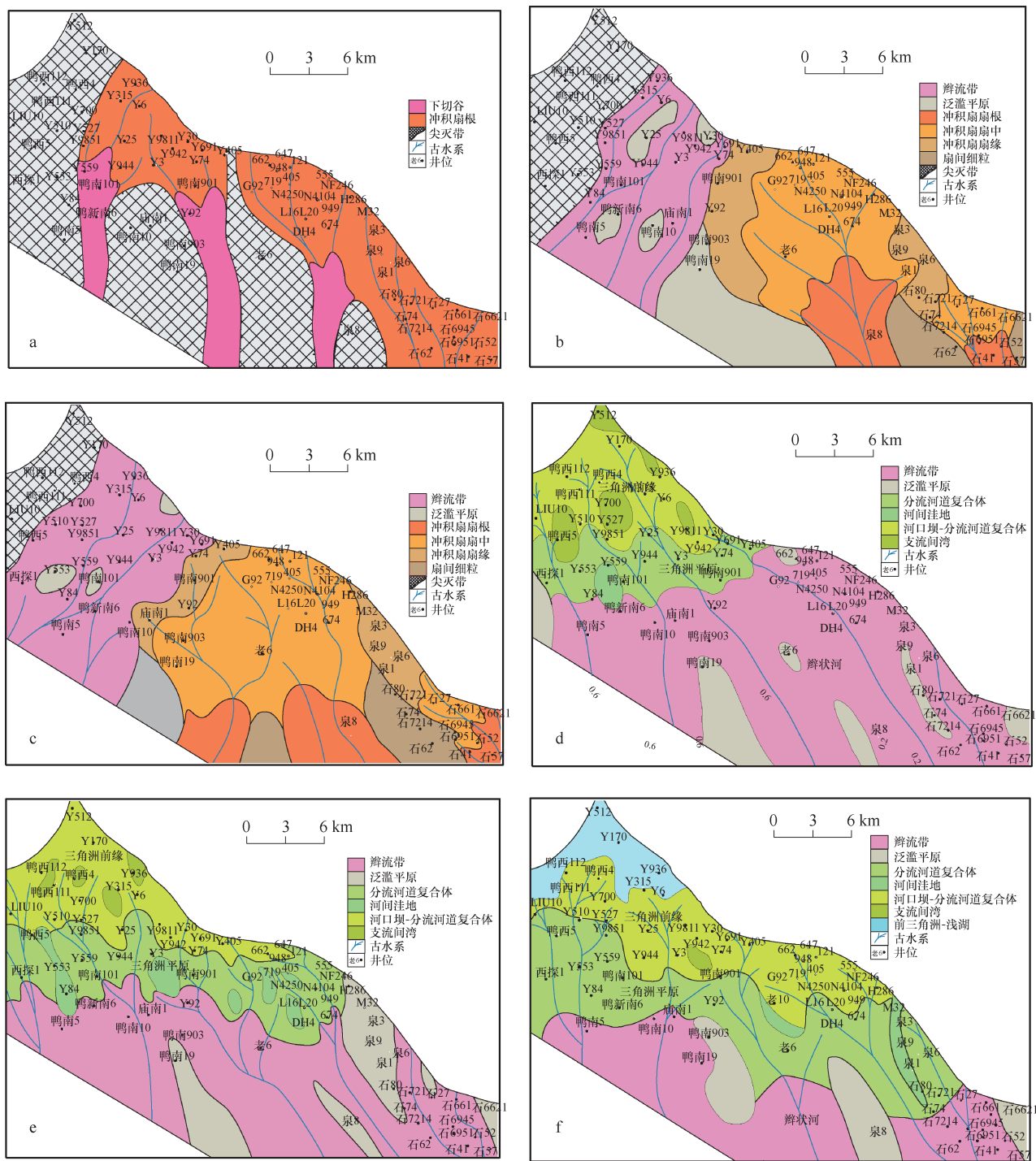


图7 玉门油田PS1和PS3层序单元沉积体系分布及演化规律

Fig. 7 Distribution and evolution pattern of depositional system of sequence stratigraphic units PS1 and PS3, Yumen oilfield

a, b, c. PS1 层序单元; d, e, f. PS3 层序单元

湖平面变化是控制沉积体系分布及演化规律的主要因素。从PS2层序开始,由于古地形差异减小,地层全区发育,古地形相对平缓,发育辫状河-三角洲-湖泊沉积体系。湖岸线主要为南西-北东方向,湖平面控制沉积体系分布和演化。在PS3层序单元沉积时期,湖侵规模增大,湖平面逐渐向物源区扩张(图7d—f)。高位体系域由退积准层序组和进积准层序组组成(图8),在构造运动不活跃的情况下,水进和水退主要是由于湖平面变化旋回的结果。

6 结论

1) 通过研究区地震、岩心、测井及露头资料的综合研究,将老君庙构造带古近系白杨河组划分为1个完整的三级层序,在三级层序内进一步划分出7个准层序组。

2) 综合地震相、测井相及露头及岩心观察,在层序格架内进行沉积体系的识别及沉积相划分,认为研

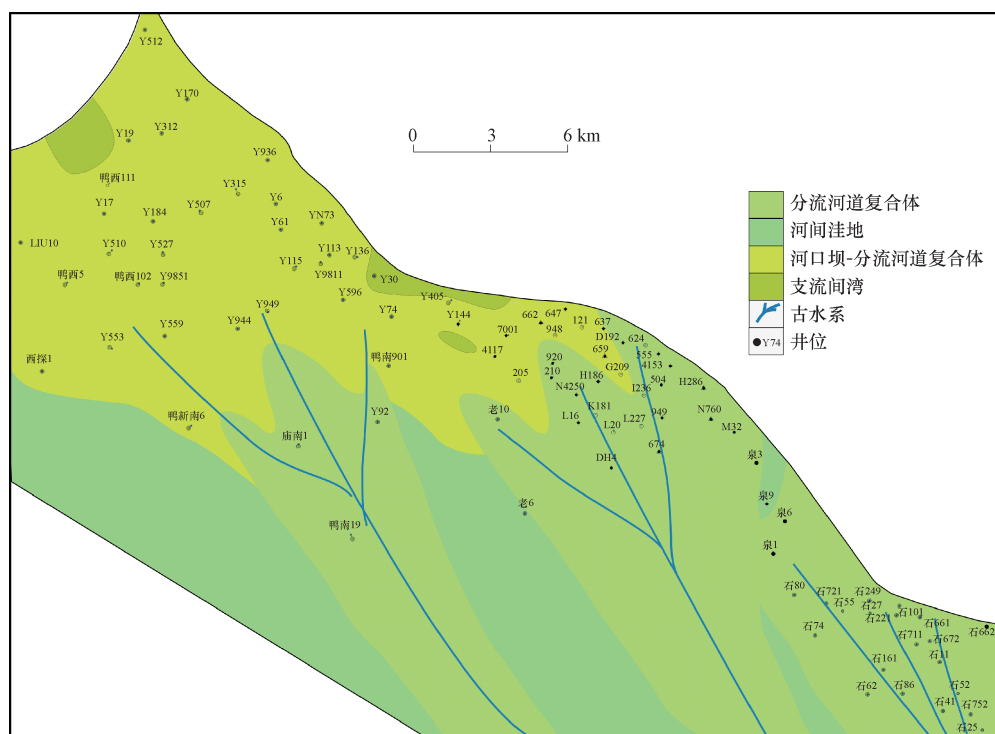


图8 玉门油田 PS5 层序单元沉积体系分布

Fig. 8 Depositional system distribution of sequence stratigraphic unit PS5, Yumen oilfield

究区老君庙构造带古近系白杨河组发育冲积扇、辫状河、辫状河三角洲、湖泊四种沉积相类型,进一步划分为多种沉积微相。

3) 老君庙构造带古近系白杨河组低位体系域以冲积扇沉积为主,湖侵体系域以辫状河-三角洲-湖相沉积为主,高位体系域为三角洲-湖相沉积,其沉积体系分布受到沉积古地貌、气候及湖平面变化的影响。

参 考 文 献

- [1] Shanley K W, McCabe P J. Alluvial architecture in a sequence stratigraphic framework-A case history from the Upper Cretaceous of Southern Utah, USA [C] // Flint S, Bryant D. Quantitative modeling of hydrocarbon reservoirs and outcrop analogues. International Association of Sedimentologists, Special Publication, 1993, 15: 21-55.
- [2] Van Wagoner J C. Overview of sequence stratigraphy of foreland basin deposits: Terminology, summary of papers, and glossary of sequence stratigraphy [C] // Van Wagoner J C, Bertram G T. Sequence stratigraphy of Foreland basin deposits: Outcrop and subsurface examples from the Cretaceous of North America, AAPG Memoir 64, 1995: 10-201.
- [3] 吴因业, 宋岩, 贾承造, 等. 柴北缘地区层序格架下的沉积特征 [J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 195-203.
Wu Yinye, Song Yan, Jia Chengzao, et al. Sedimentary features in a sequence stratigraphic framework in the North area of Qaidam Basin [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(3): 195-203.
- [4] 纪友亮, 安爱琴, 朱如凯. 陆相前陆盆地层序结构特征研究——以准噶尔南缘晚期前陆盆地为例 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(2): 237-243, 251.
Ji Youliang, An Aiqin, Zhu Rukai. Research on sequence architecture

tures of continental foreland basins—a case study of the late stage of the southern Junggar foreland basin [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(2): 237-243, 251.

- [5] 顾家裕. 陆相盆地层序地层学格架概念及模式 [J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 6-10, 108.
Gu Jiayu. Concept and models of sequence stratigraphy in the nonmarine basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 1995, 22(4): 6-10, 108.
- [6] 林畅松, 刘景彦, 张燕梅, 等. 库车坳陷第三系构造层序的构成特征及其对前陆构造作用的响应 [J]. 中国科学 D 辑, 2002, 32(3): 177-183.
Lin Changsong, Liu Jingyan, Zhang Yanmei, et al. Depositional architecture of the tertiary tectonic sequence and their response to foreland tectonism in the Kuqa depression, the Tarim basin [J]. Science in China: Series D, 2002, 32(3): 177-183.
- [7] 刘宗堡, 赵容生, 闫力, 等. 海-塔盆地塔南凹陷南屯组一段沉积体系特征 [J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(6): 743-750.
Liu Zongbao, Zhao Rongsheng, Yan Li, et al. Depositional system characteristics of the first member of the Nantun Formation in Tanan sag, the Hai-Ta Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(6): 743-750.
- [8] 董月霞, 王建伟, 刁帆, 等. 陆相断陷湖盆层序构成样式及砂体预测模式——以南堡凹陷东营组为例 [J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(1): 96-102.
Dong Yuexia, Wang Jianwei, Diao Fan, et al. Sequence stratigraphic patterns and sand body prediction models of fault-depressed lacustrine basins: a case study from the Dongying Formation in the Nanpu Sag, Bohai Bay Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(1): 96-102.
- [9] 何江, 郑荣才, 胡欣, 等. 四川盆地西部晚二叠世吴家坪组沉积体系 [J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(1): 87-95.

- He Jiang, Zheng Rongcai, Hu Xin, et al. Sedimentary system of the Late Permian Wujiaping Formation in the western Sichuan Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2015, 36(1): 87–95.
- [10] 潘良云, 曾佐勋, 李明杰. 酒泉盆地中新生带断拗叠合盆地及控油作用[J]. *地质学报*, 2012, 86(4): 535–546.
- Pan Liangyun, Zeng Zuoxun, Li Mingjie. Mesozoic cenozoic fault superposition basin in jiuquan and its oil-controlling significance [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2012, 86(4): 535–546.
- [11] 刘宝睿, 杨克绳, 刘东艳. 论河西走廊陆盆的演化和最终形成期[J]. *地质论评*, 2012, 55(1): 25–31.
- Liu Baorui, Yang Kesheng, Liu Dongyan. A discussion on evolution and final forming time of the Hexi Corridor Continental Basin [J]. *Geological Review*, 2012, 55(1): 25–31.
- [12] 王崇孝, 马国福, 周在华. 酒泉盆地中、新生代构造演化及沉积充填特征[J]. *石油勘探与开发*, 2005, 32(1): 33–36.
- Wang Chongxiao, Ma Guofu, Zhou Zaihua. Structure evolution and sedimentary filling of Jiuquan Basin in Mesozoic-Cenozoic period, NW China [J]. *Petroleum Exploration & Development*, 2005, 32(1): 33–36.
- [13] 冉波, 李亚林, 朱利东, 等. 青藏高原北缘新生代早期构造运动——来自酒西盆地始新世—渐新世的沉积学约束[J]. *岩石学报*, 2013, 29(3): 1027–1038.
- Ran Bo, Li Yalin, Zhu Lidong, et al. Early tectonic evolution of the northern margin of the Tibetan Plateau: Constraints from the sedimentary evidences in the Eocene-Oligocene of the Jiuxi basin [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2013, 29(3): 1027–1038.
- [14] 陆洁民, 郭召杰, 赵泽辉, 等. 新生代酒西盆地沉积特征及其与祁连山隆升关系的研究[J]. *高校地质学报*, 2004, 10(1): 50–61.
- Lu Jiemin, Guo Zhaojie, Zhao Zehui, et al. Cenozoic sedimentation characteristics of jiuxi basin and uplift history of northern qilian mountain [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2004, 10(1): 50–61.
- [15] 唐世荣. 老君庙油田 L 油层沉积相研究在油田开发中的应用[J]. *石油勘探与开发*, 1981(3): 27–35, 39.
- Tang Shirong. Research on sedimentary facie of L oil-layer in Laojunmiao oilfield and its application to petroleum development [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1981(3): 27–35, 39.
- [16] 梁世君, 王发泰, 胡亭, 等. 酒泉盆地第三系新的时代划分意见[J]. *石油学报*, 1992, 13(2): 102–108.
- Liang Shijun, Wang Fatai, Hu Ting, et al. A new idea on the division of tertiary formation in Jiuquan Basin [J]. *Acta Petroli Sinica*, 1992, 13(2): 102–108.
- [17] 陈建平, 赵文智, 黄第藩, 等. 酒东、酒西盆地的异同与油气勘探[J]. *石油勘探与开发*, 1997, 24(6): 12–16, 114.
- Chen Jianping, Zhao Wenzhi, Huang Difan, et al. Similarity and difference in geology between Jiudong and Jiuxi Basins of northwest China and petroleum exploration [J]. *Petroleum Exploration & Development*, 1997, 24(6): 12–16, 114.
- [18] 任战利, 刘池阳, 张小会, 等. 酒泉盆地群热演化史恢复及其对比研究[J]. *地球物理学报*, 2000, 43(5): 635–645.
- Ren Zhanli, Liu Chiyang, Zhang Xiaohui, et al. Recovery and comparative research of thermal history on Jiuquan basin group [J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2000, 43(5): 635–645.
- [19] 吴胜和, 纪友亮, 岳大力, 等. 碎屑沉积地质体构型分级方案探讨[J]. *高校地质学报*, 2013, 19(1): 12–22.
- Wu Shenghe, Ji Youliang, Yue Dali, et al. Discussion on hierarchical scheme of architectural units in clastic deposits [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2013, 19(1): 12–22.

(编辑 董立)

(上接第436页)

- [23] 陈欢庆. 靖安油田大路沟一区长2储层精细油藏描述[D]. 西安: 西北大学, 2006.
- Chen Huanqing. Fine reservoir description of Chang2 reservoir of Yanchang Formation in the first part of Dalugou area of Jing'an Oilfield [D]. Xi'an: Northwest University, 2006.
- [24] 张三. 坪桥地区塞5、塞431区长2沉积相与储层非均质性研究[D]. 西安: 西北大学, 2007.
- Zhang San. Analysis on depositional facies and heterogeneity of the Chang2 in Sai 5, Sai 431 region of Pingqiao area, Ordos Basin reservoir [D]. Xi'an: Northwest University, 2007.
- [25] 彭志春. 杏七区中部葡I1–3油层储层精细描述[D]. 大庆: 大庆石油学院, 2007.
- Peng Zhichun. The finely reservoir description of PI 1–3 in the center of the 7th area of Xingshugang oilfield [D]. Daqing: Daqing Petroleum Institute, 2007.
- [26] 孙友海. 萨北二西二类油层精细沉积微相、非均质性 & 剩余油研究[D]. 大庆: 东北石油大学, 2011.
- Sun Youhai. The fine sedimentary microfacies, heterogeneity and remaining oil research in the second type reservoirs of North-Two-West [D]. Daqing: Northeast Petroleum University, 2011.
- [27] 刘朋坤. 鄂尔多斯盆地镇泾油田长6储层评价[D]. 成都: 成都理工大学, 2009.
- Liu Pengkun. The reservoir evaluation of the Chang-6 Member of the Yanchang Formation in Zhenjing oilfield, Ordos Basin [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2009.
- [28] 马伟竣. 泌阳凹陷付湾—张厂地区沉积特征及有利目标研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2010.
- Ma Weijun. The Research on reservoir sedimentary character and Predicting favorable target in Fuwan-Zhangchang area of Biyang Depression [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2010.

(编辑 张亚雄)