

文章编号: 1000-0550(2013)06-1070-11

准噶尔盆地车排子地区下白垩统层序地层格架及主控因素分析

赵东娜^{1,2} 朱筱敏^{1,2} 董艳蕾^{1,2} 吴冬^{1,2} 陶文芳^{1,2} 王欣^{1,2}

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

摘要 基于准噶尔盆地车排子地区下白垩统地震、钻井、录井和古生物资料分析,运用高精度层序地层分析方法,结合下白垩统沉积序列和构造演化特征、气候周期性变化特征等,将下白垩统吐谷鲁群划分为4个三级层序,并指出各层序边界在地震、岩性和电性资料上的响应特征。根据车排子地区特定的缓坡斜坡构造背景,建立起无坡折缓坡型层序地层模型,将三级层序划分为湖侵体系域和湖退体系域。湖侵体系域以粗粒扇三角洲前缘和细粒滨浅湖沉积为主,湖退体系域则发育粒度相对较粗的滨浅湖滩坝沉积。研究区沉积演化旋回性特征明显,幕式构造运动和古气候旋回变化对层序的发育起重要的控制作用。

关键词 层序地层 主控因素 下白垩统 准噶尔盆地 车排子地区

第一作者简介 赵东娜 女 1985年出生 博士研究生 层序地层学及地震沉积学 E-mail: 2011311021@student.cup.edu.cn

中图分类号 P539.2 **文献标志码** A

0 引言

准噶尔盆地车排子地区具有“多油源、多期次、多层系、多类型、多油品”的成藏特点,具备形成复式油气聚集带和规模油气田的有利条件,其油气藏类型主要为地层—岩性、岩性油气藏^[1]。继2005年在新近系沙湾组喜获高产工业油流之后,排601、602-c1、601-p1井又已在白垩系获工业油流,展示了良好的勘探潜力。

前人针对车排子地区白垩系的构造、沉积和成藏等方面做了较为系统的研究工作^[2-6],但对于层序地层的研究则主要集中于盆地级别的侏罗系以及车排子地区的新近系,目前为止,只有杨勇等人以经典层序地层学理论为指导对车排子地区下白垩统层序地层及沉积演化进行了研究,将吐谷鲁群分为2个三级层序KSI和KSII^[2]。研究区处于斜坡区,湖盆振荡沉积,水体进退频繁,目前白垩系层序划分仍不够精细,层序地层格架还不够明确;不同沉积时期有利储集体特征,层序对地层、岩性等隐蔽油气藏的形成及空间展布规律的控制因素尚不清楚,研究现状难以满足进一步勘探部署需求。本文以高精度层序地层学、地震沉积学、沉积学等理论为指导,充分利用工区32

口井的录井、测井、岩芯、古生物资料,以及覆盖全区的高精度三维地震资料,对车排子地区下白垩统层序地层进行细分,划分出4个三级层序,7个体体系域。研究方法主要是通过三维地震测线的精细解释以及合成记录来标定地震剖面,进行井震对比以识别层序界面。在此基础上,通过最大湖泛面的识别(测井、录井及古生物资料)来划分体系域,研究各体系域沉积相类型,明确有利储集砂体的形态、平面展布规律及垂向演化序列,为车排子地区下白垩统隐蔽油气藏的勘探开发提供了科学的地质依据。文章并结合构造背景、湖平面升降变化以及古生物特征系统地研究区层序地层演化的控制因素进行了分析总结,对陆相湖盆斜坡地带层序地层理论研究具有一定的参考价值。

1 区域地质概况

车排子地区位于准噶尔盆地西北缘车排子凸起之上。车排子凸起为准噶尔盆地西部隆起的次一级构造单元,其西北以扎伊尔山为界,东以红一车断裂带与昌吉凹陷相接,南部为四棵树凹陷及伊莲哈比尔尕山^[7]。车排子凸起整体为不规则三角形凸起,主体走向为北西—南东向,形成于海西晚期,具有长期继承性发育和不均衡隆升特点。沉积地层东南厚,西

收稿日期: 2012-11-08; 收修改稿日期: 2012-12-03

北薄,为典型的楔形沉积特征。研究区沉积地层自下而上发育有石炭系、侏罗系、白垩系、古近系和新近系,缺失二叠系和三叠系^[8],在研究区西部凸起处,侏罗系因剥蚀而缺失。车排子凸起是准噶尔盆地油气最为富集的地区之一,它紧邻沙湾凹陷和四棵树凹陷两大生烃中心,油源条件充足^[9],主力油层为侏罗系八道湾组、白垩系吐鲁鲁群和新近系沙湾组。本文研究的层位为下白垩统吐鲁鲁群,不整合或假整合于侏罗系或更老的地层之上,为一套以泥质为主的湖相沉积。吐鲁鲁群自下而上分为清水河组、呼图壁组、胜金口组和连木沁组,其上部东沟组缺失,连木沁组与古近系地层呈角度不整合接触。目的层段岩性主要为不均匀互层的灰绿色、棕红色泥岩,粉砂岩和细砂岩为主,具有明显的灰绿色底砾岩层,地层厚170~800 m,呈条带状或带状展布^[10]。

2 层序地层格架

2.1 层序地层划分方案

三级层序是含油气沉积盆地中层序地层研究和地层岩性圈闭分析的基本单元,在陆相地层中作为层

序边界古间断面较海相地层更为显著^[11]。车排子地区下白垩统吐鲁鲁群沉积于距今145.6~99.6 Ma,持续地质年代46 Ma,整体为一个二级层序。本次研究主要依据层序地层学理论^[12,13],通过对高精度三维地震测线的精细解释,在地震剖面上识别出5个具有明显的上超或削蚀特征的层序界面,通过合成记录、井震标定及井间对比在测井曲线上找到与地震层序界面相对应的测井响应,因此在前人层序划分的基础上^[2]将原有层序KS I和KS II一分为二,划分为4个三级层序,即SQI、SQII、SQIII和SQIV,分别对应于清水河组、呼图壁组、胜金口组和连木沁组,对应的层序边界命名为SB1~SB5(表1)。根据准层序组叠置样式的改变,湖平面的升降变化及气候周期性变化特征将三级层序划分为湖侵体系域和湖退体系域。

SQI为灰绿色薄层中一细钙质砂岩与泥岩的薄互层,底部为厚薄不等的钙质砾岩或泥砂质角砾岩,厚66~157 m,分布于工区北部排1井、排103井及车13井附近。SQII为灰绿色、暗紫色泥岩,砂质泥岩,夹细砂岩、粉砂岩和泥灰条带,厚100~318 m,广泛分布于除西部隆起之外的工区内。SQIII为灰绿色

表1 准噶尔盆地车排子地区下白垩统层序地层与岩性地层单元对照

Table 1 The comparison of sequence stratigraphy and lithologic-stratigraphic unit of Lower Cretaceous in Chepaizi area of Junggar Basin

地层	绝对年龄 /Ma	层序划分方案		岩性	气候		湖平面	
		三级层序	体系域		湿润 → 干旱	升 → 降		
古近系	65.0							
白垩系	99.6	SB5	RST					
		SQIV	TST					
			SB4	TST				
		SQIII	TST					
			SB3	RST				
		SQII	TST					
SB2	RST							
清水河组	145.6	SQI	TST					
SB1								
侏罗系/石炭系								

泥岩、砂质泥岩薄层细砂岩、泥质粉砂岩和灰白色钙质砂岩,厚50~139 m,工区内广泛分布。SQ IV为灰绿色、紫红色泥岩、砂质泥岩互层,夹灰绿色粉砂岩及少量钙质砂岩,厚40~200 m,沉积范围缩小,只在工区东部及北部沉积。

2.2 层序边界识别标志

层序界面特征的准确确定是建立层序地层格架的基础和关键^[14-17]。车排子地区下白垩统三级层序边界在地震、岩性和电性资料上具有良好的响应特征。

2.2.1 不整合—地震反射终止关系

研究区地震剖面上指示层序边界反射终止关系的类型主要有上超、下超和削截,其中上超和削截特征较为明显。三级层序界面在地震剖面上主要表现为强反射,界面之上为上超,之下为削截或顶超。SQ I的底界面SB1为一区域性超覆不整合界面,与二级层序底界面一致,其上部反射同相轴均沿此上超面从工区的东南部向西北方向上尖灭。SQ II为一套强反射波组,与其上、下两套波组有明显的区别,其底界面SB2为一上超界面,内部反射同相轴沿此界面上超,其顶界面SB3对应于最远滨岸上超点,其下具有削截结构。SQ III为一套强振幅、高连续稳定沉积,其顶界面SB4为一上超界面,其上具有上超结构。SQ IV的顶界面SB5与二级层序顶界面一致,为区域性角度不整合界面,界面之下可见削截现象(图1)。

2.2.2 层序边界在岩性、电性上的响应特征

在建立岩电关系的前提下,利用测井资料进行层序地层划分,主要考虑地层的突变接触方式、测井曲线垂向上叠置样式的转变^[19]。准噶尔盆地车排子地区下白垩统与上覆古近系及下伏侏罗系接触面均为不整合面^[18],在岩性及电性曲线上均表现为明显的突变接触。下白垩统内部三级层序SQ I、SQ II、SQ III和SQ IV层序边界在电性、岩性的响应特征表现为:SQ I测井曲线底部表现为箱形,为砂质角砾岩沉积,中上部以平直为主,主要为灰绿色泥岩沉积;SQ II测井曲线为宽指状,为粉砂岩与泥质粉砂岩间互沉积,旋回特征表现为下正上反(图2);到SQ III时,测井曲线又变为平直,局部表现为单指状特征,岩性则主要为厚层灰色泥岩夹薄层泥质粉砂岩,以向上变细的正韵律为特征;SQ IV与SQ III的接触面也是一个电性和岩性的突变面, SQ IV测井曲线以箱状和宽指状为主,岩性为互层沉积的泥岩和粉砂岩,表现为下正上反的旋回组合。

2.2.3 地震、岩性、电性资料的层序地层对比

地震、岩性和测井资料的层序划分和对比研究表明,尽管不同资料的垂向分辨率不同,但是层序划分的结果是基本一致的^[20]。

在实际研究过程中,通过识别地震反射终止关系在地震剖面上识别层序界面,进行地震层序划分;在

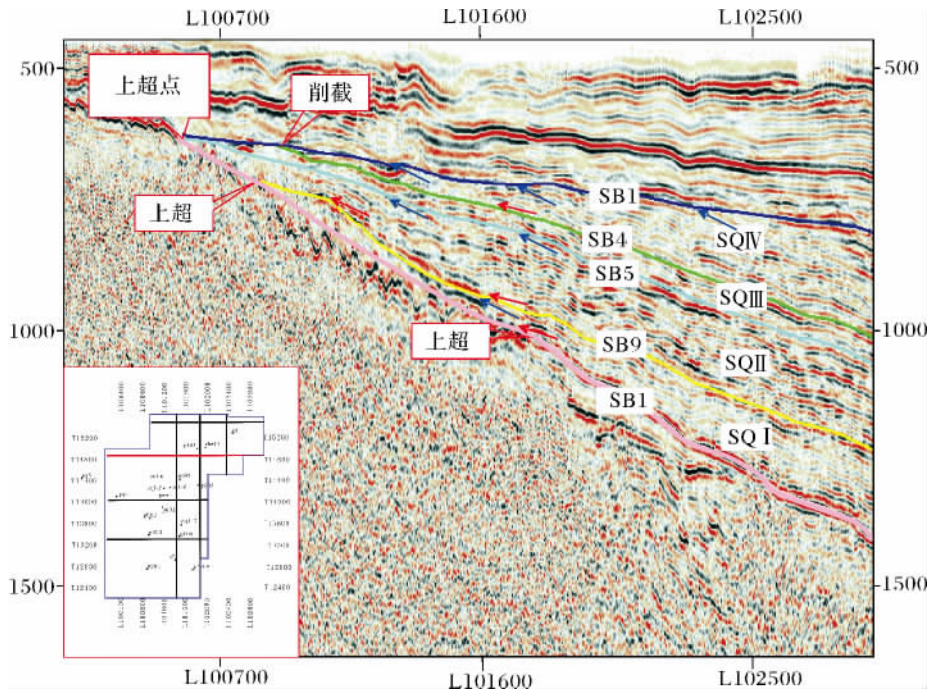


图1 车排子地区下白垩统三级层序划分及界面特征(T14889测线)

Fig. 1 3rd-order sequence division and interface characteristics of Lower Cretaceous in Chepaizi area (survey line T14889)

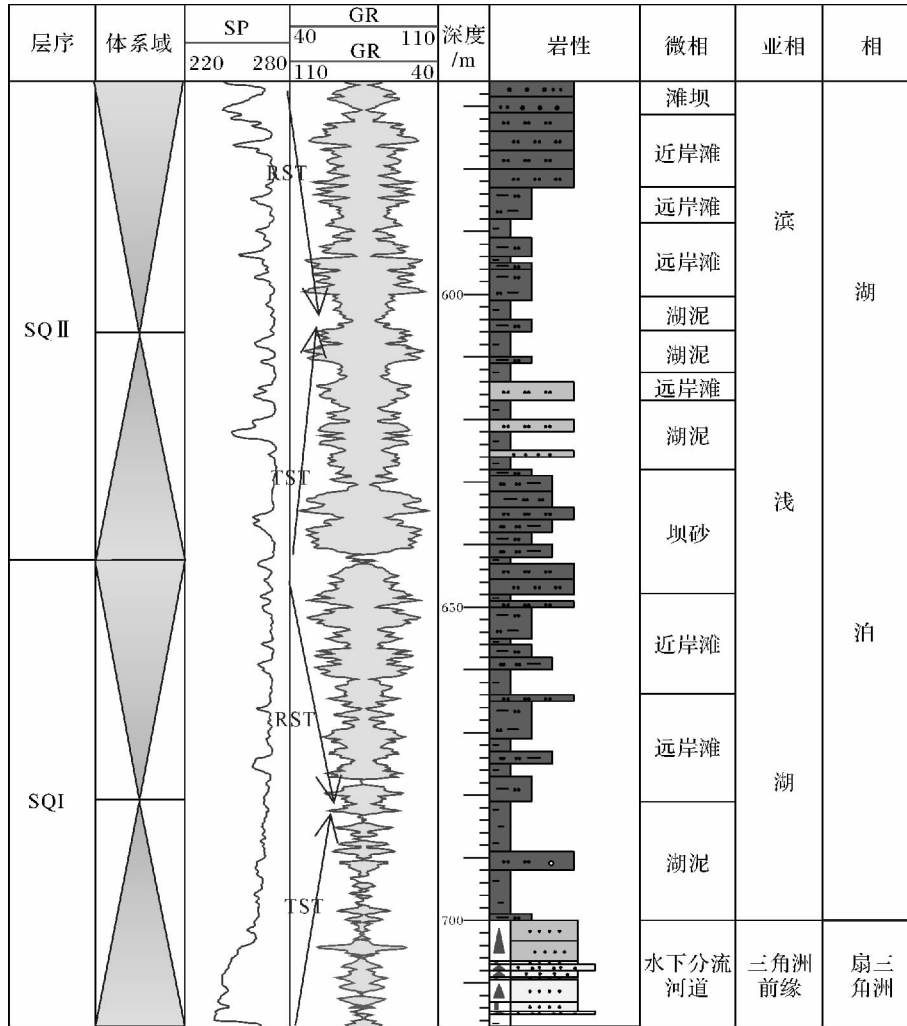


图 2 车排子地区中生界下白垩统排 1 井层序及体系域界面特征

Fig. 2 Interface characteristics of sequence and system tract of well Pai 1 in Chepaizi area of Lower Cretaceous

地震层序边界控制下,利用岩性、电性突变以及准层序叠置样式改变等特征在单井上识别层序界面,进行单井层序划分。进而运用地震合成记录标定,完成井震结合,使得地震层序和钻井层序一致,建立全工区下白垩统的层序地层格架(图 3)。本次研究选取位于工区中北部的排 605 井为合成记录标定井,这是因为排 605 井地层沉积厚度大,层序发育健全,包含了下白垩统 SQI~SQIV4 个三级层序,从 SQI 到 SQIV,波阻抗表现为强—弱—强—弱的旋回变化。

3 体系域划分和特征

在建立精细层序地层格架的基础上,主要依据坡折带和地层叠置样式来划分体系域^[21]。白垩纪沉积时期,准噶尔盆地车排子地区为一大型的斜坡构造,坡度小,未见明显的坡折带,无法确定首次湖泛面,因

此只能建立无坡折的缓坡型层序地层模型^[17-22]。该层序模型体系域划分的关键是在确定层序边界的基础上,结合岩性、岩相、古生物、准层序叠置样式以及湖平面相对升降变化特征,确定最大湖泛面的位置,进而将层序划分为湖侵和湖退体系域^[17]。

综合考虑陆相湖盆体系域发育的特点,并结合研究区实际的测、录井资料以及地震资料分析,本次研究发现:车排子地区下白垩统三级层序 SQI、SQ II 和 SQIV 发育完整的湖侵体系域和湖退体系域,层序 SQ III 只发育湖侵体系域,湖退体系域不发育。研究区地震剖面上,作为体系域界面的最大湖泛面为中强正振幅(黑轴)地震反射,连续性较好,平行—亚平行展布(图 4);在测井曲线上,体系域界面表现为准层序叠置样式的改变,湖侵体系域为退积或加积式准层序组的叠置样式,湖退体系域则主要为进积式准层序组的

叠加,单个准层序组厚 10~20 m 左右,一个湖侵或湖退体系域可以包含 2~3 个退积或进积准层序组(图 4 图 5);在岩心及录井资料上,湖侵体系域多由灰黑色或灰绿色泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩组成,垂向上表现为向上砂岩减少,泥岩增多,砂泥比降低的退积式准层序组。湖退体系域主要为浅灰色粉砂岩、粉砂质泥岩和薄层泥岩沉积,砂岩中发育小型板状和波状交错层理,垂向上则以自下而上,砂岩逐渐增多,泥岩逐渐减少,砂泥比值加大为特征(图 2 5)。此外,研究区下白垩统 SQI、SQ II 和 SQ IV 均具有湖侵体系域与湖退体系域不对称发育的特点,湖侵体系域时期沉积的地层厚度更大,分布范围更广,说明湖侵期湖盆缓慢扩张,延续时间长,而湖退期则是快速、短暂的沉积作用。

湖侵体系域的沉积环境以滨浅湖为主,但在有物源直接供给的地方,发育扇三角洲,如白垩纪早期 SQI 时期,工区北部排 1 井地区物源供给充足,为扇三角洲前缘水下分流河道沉积。湖退体系域以沉积

滨浅湖滩坝砂体为主,与湖侵体系域的扇三角洲前缘水下分流河道砂共同组成了白垩系主要的油气储集体,而最大湖泛面期发育的厚层泥岩则为该区地层、岩性、地层—岩性等隐蔽油气藏提供了良好的盖层。

4 层序地层格架

准确精细的搭建层序地层格架是开展连井沉积相研究工作的基础,对油气田的勘探开发具有重要意义^[2]。本次研究在单井层序划分的基础上,结合钻井和地震层序地层分析,以三级层序为等时对比单元,以层序界面及最大湖泛面为等时对比位置,对车排子地区下白垩统层序地层进行了等时地层对比及连井沉积砂体研究。研究中绘制了近南北向、近东西向两条连井剖面地层格架图,详细分析了层序地层及地层格架中沉积砂体的变化特征。从工区的南部排 7 井到北部排 1 井,层序沉积厚度先减小再增大,但整体变化不大,约为 200~300 m,沉积中心集中在工区的东北部排 1 井附近。该连井剖面上, SQI 湖侵

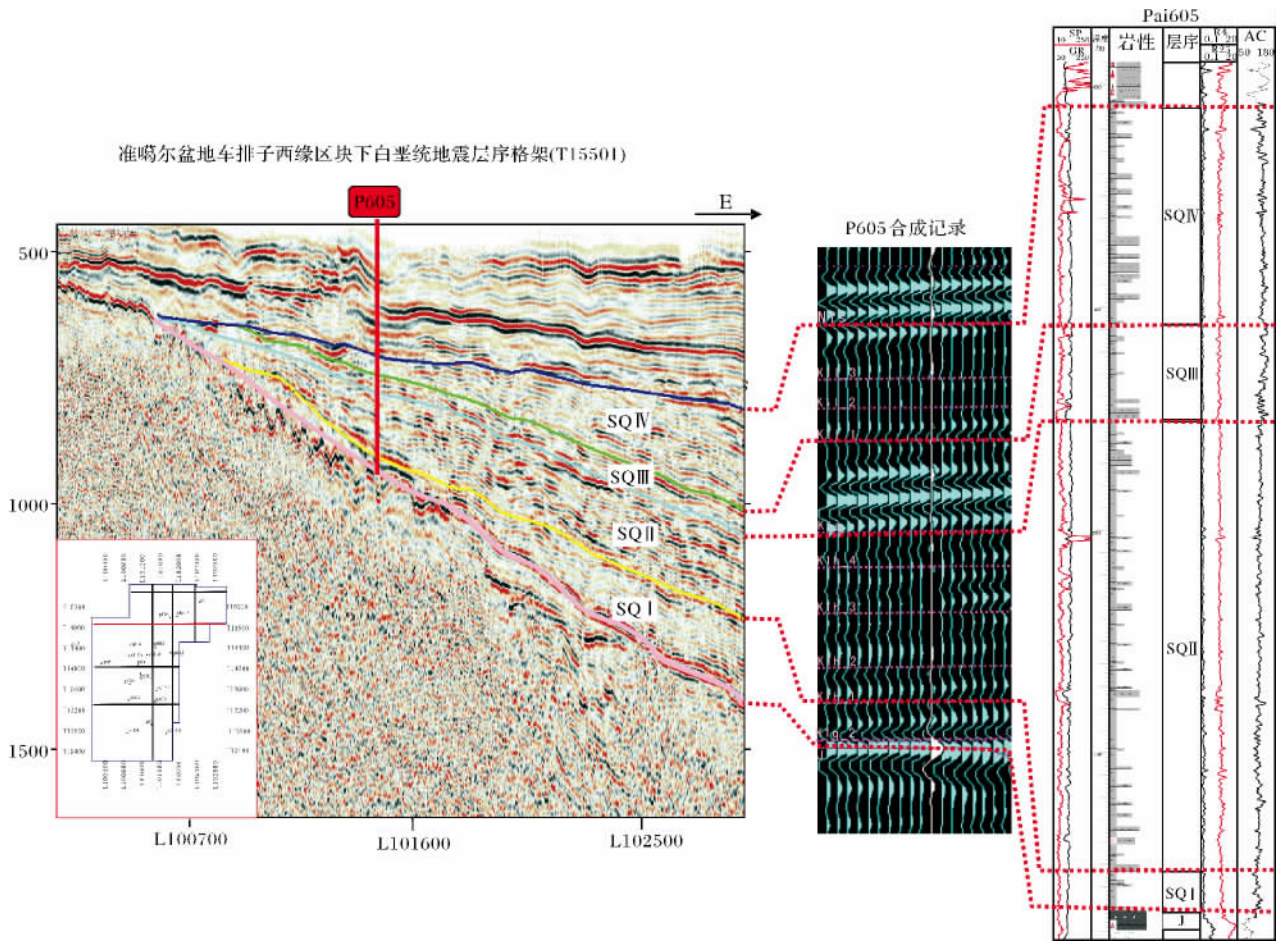


图 3 井震结合建立准噶尔盆地车排子地区下白垩统层序地层格架

Fig. 3 The sequence framework of Lower Cretaceous in Chepaizi area of Junggar Basin established by well-seismic calibration

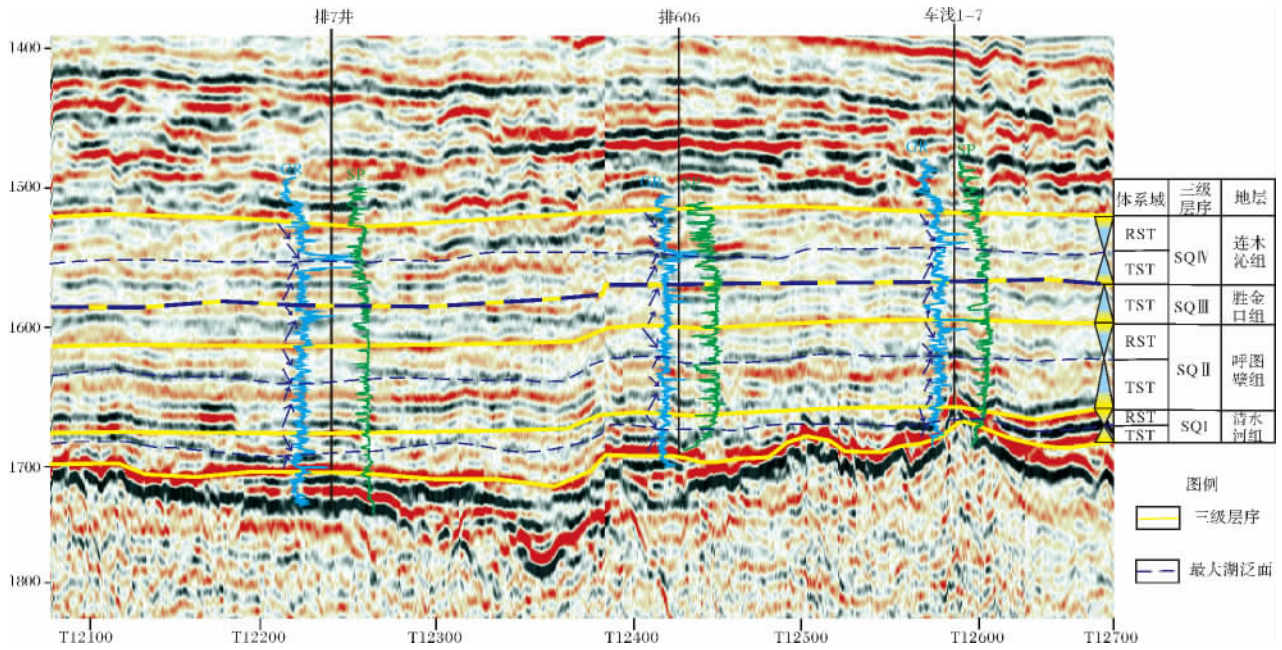


图 4 研究区地震剖面(拉平)及测井曲线上体系域特征

Fig. 4 The characteristics of system tracts in seismic section (fatten) and logging curve of the study area

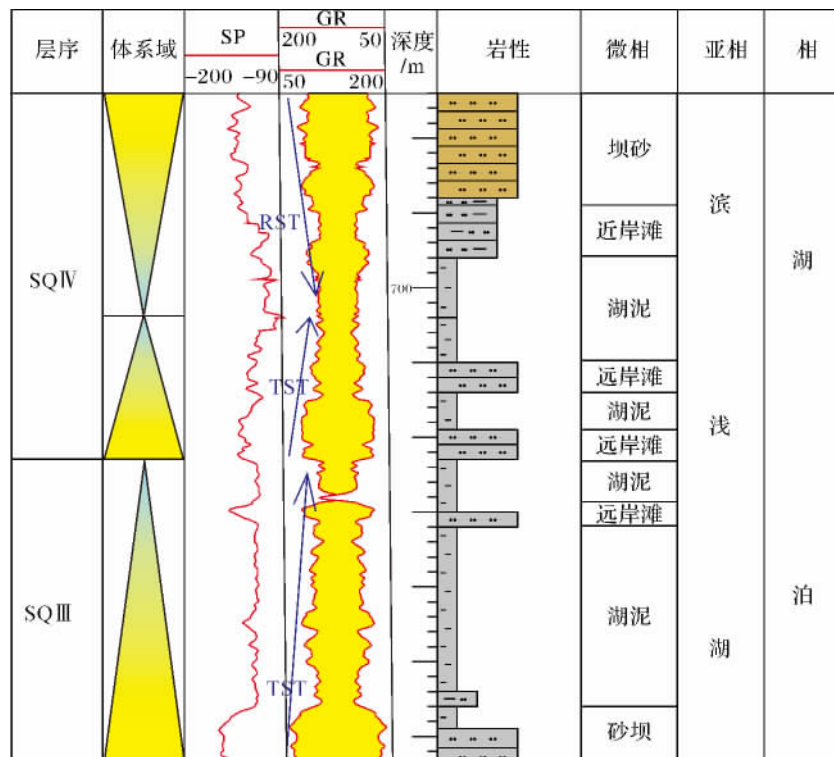


图 5 车排子地区下白垩统 SQ III 及 SQ IV 体系域准层序组叠置样式特征(排浅 1-7 井)

Fig. 5 Superimposed patterns of parasequence sets of SQ III and SQ IV Lower Cretaceous in Chepaizi area (Paiqian1-7)

体系域时期, 东北物源供给充足, 沉积粒度粗, 呈现正韵律序列的多期叠置, 发育冲刷—充填构造, 为扇三角洲前缘水道砂沉积, 厚约 10 ~ 20 m; SQ I 湖退体系

域时期, 湖平面略有下降, 但湖盆水体仍处于不断扩大阶段, 发育滨浅湖泥岩及滩坝砂沉积。SQ II、SQ III 及 SQ IV 均为滨浅湖沉积, 湖侵体系域时期发育小型

滩坝砂沉积, 滨浅湖沉积的灰色及灰绿色泥岩大面积展布。湖退体系域时期, 湖盆萎缩, 滩坝砂沉积作用增强, 沉积砂体具有向上变粗的反韵律特征, 厚约 5~10 m(图 6)。从工区西部排浅 5 井到东部车浅 1-7 井, 各级层序沉积厚度逐渐增大, 由十几米增加到上百米; 层序也逐渐发育完全, 排浅 5 井仅发育 1 个三级层序, 到排 6-1 井发育 2 个, 到车浅 1-7 井时层序已发育 3 个; 从西向东砂体逐渐发育, 主要为滨浅湖滩坝砂, 厚 2~10 m, 呈透镜状在垂向上叠置沉积, 各层序湖退体系域时期滩坝砂较湖侵体系域时期发育(图 7)。

5 沉积体系特征及演化

本文以三级层序为研究单元, 开展了层序地层格架内沉积体系及演化特征研究, 研究区主要发育开阔滨浅湖及扇三角洲沉积, 从 SQ I 到 SQ IV 沉积相展布及演化特征如下:

SQ I 沉积时期, 沉积范围局限在研究区东北部。湖侵体系域早期, 研究区湖平面较低, 沉积物主要为含砾粗砂岩夹薄层泥岩。重矿物资料表明, 沉积为近源搬运堆积, 物源来自于西北扎伊尔山及其前缘地带^[2], 发育由北向南展布的扇三角洲前缘沉积(图 8a)。湖侵体系域后期, 出现小规模湖泛, 沉积了深灰色或灰绿色泥岩。湖退体系域沉积范围较早期略有增加, 沉积颗粒变细, 以细砂岩、粉砂岩及泥岩为主, 发育近南北方向展布滨浅湖滩坝沉积。

SQ II 沉积时期, 湖域范围扩大, 滨浅湖沉积发育。湖侵体系域时期气候温暖潮湿, 湖泥广泛沉积, 滩坝主要分布在工区中部, 砂坝较小, 呈半椭圆状, 面积约为 0.7 km²。湖退体系域时期, 气候逐渐变得干旱, 滩坝较为发育, 根据这些滩坝的沉积特征, 可进一步细分为近岸滩、坝砂、远岸滩等 3 个次级单元。坝砂主要发育在工区中部及南部, 近南北方向展布, 在工区的北部发育零星散落的小滩砂(图 8b)。

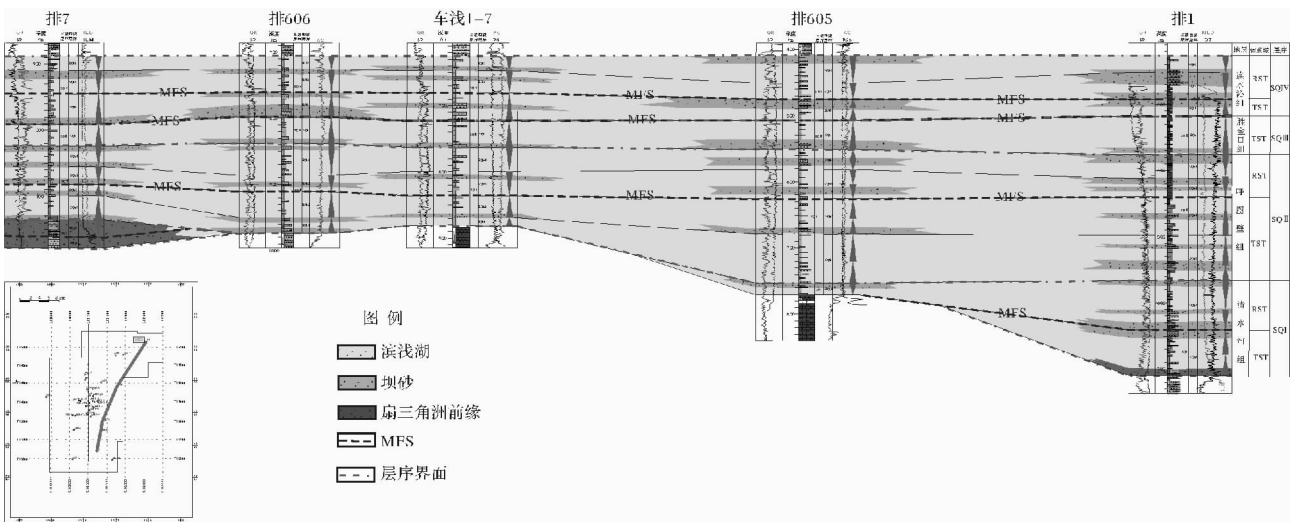


图 6 排 7 井—排 1 井白垩系连井层序地层对比分析图 (NE1)

Fig. 6 Pai 7 well-Pai 1 well sequence stratigraphical correlation of Cretaceous in Chepaizi area

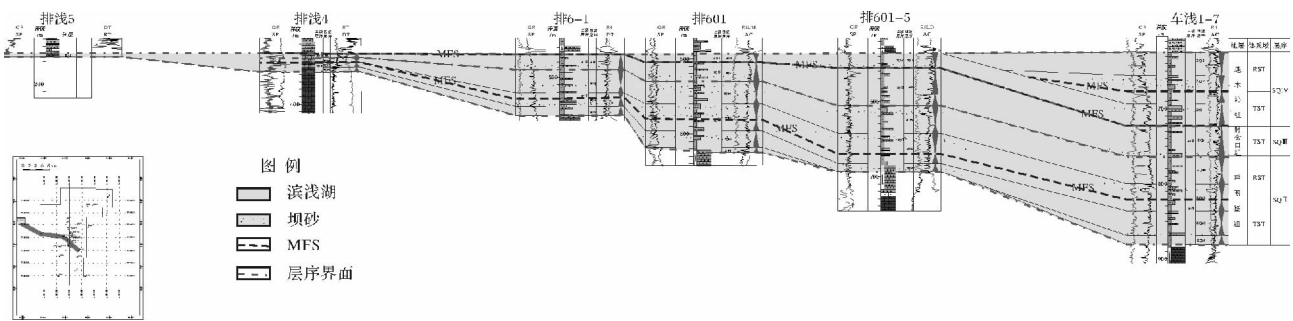


图 7 排浅 5 井—车浅 1-7 井白垩系连井层序地层对比分析图 (NW1)

Fig. 7 Pai qian 5 well-Cheqian 1-7 well sequence stratigraphical correlation of Cretaceous in Chepaizi area

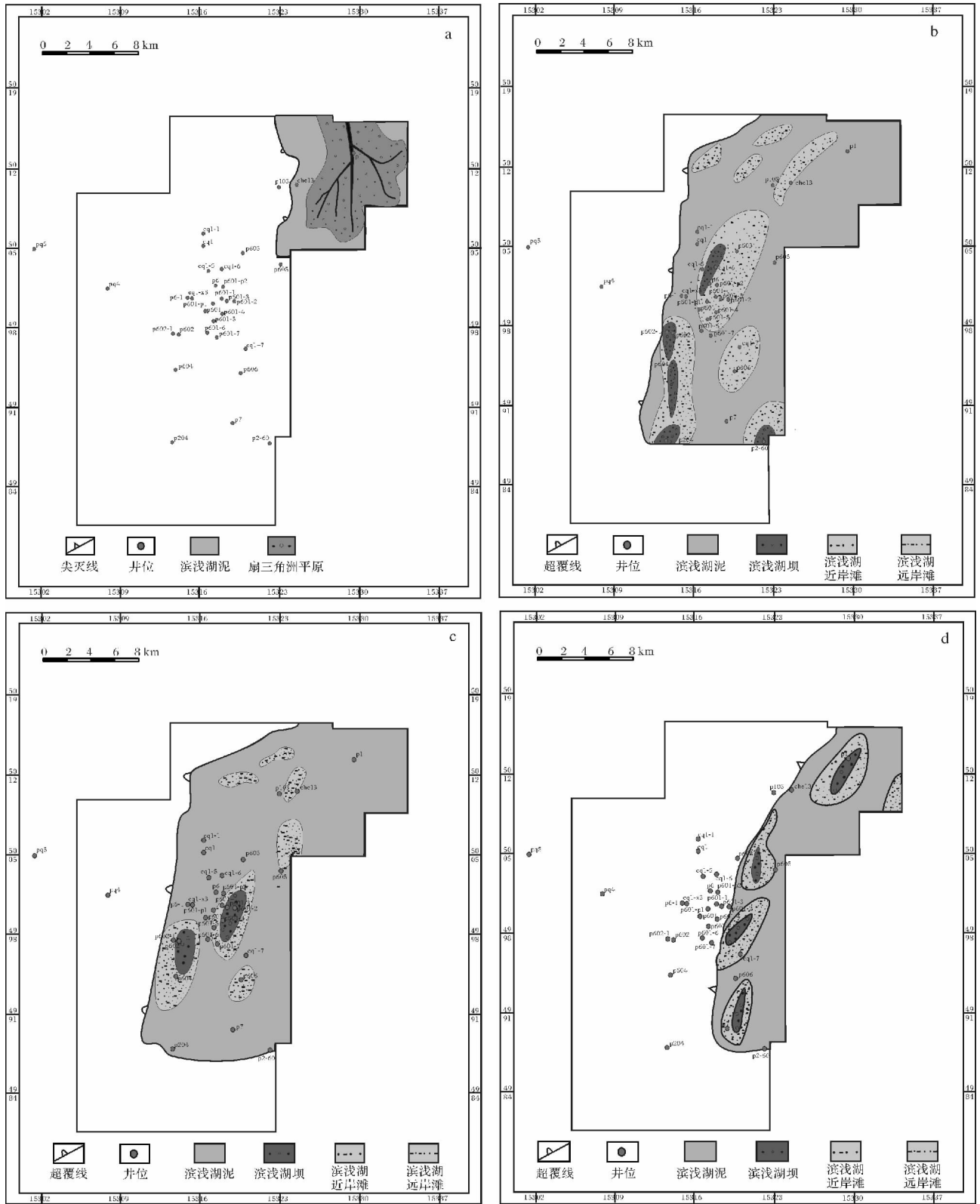


图 8 准噶尔盆地车排子地区白垩系沉积相平面展布

a. SQ I 湖侵体系域; b. SQ II 湖退体系域; c. SQ III 湖侵体系域; d. SQ IV 湖退体系域

Fig. 8 Horizontal distribution of Cretaceous sedimentary facies in Chepaizi area of Junggar Basin

SQⅢ沉积时期,湖域沉积范围达到最大。湖侵体系域时期沉积物以灰色、灰绿色泥岩、粉砂岩为主,发育滨浅湖沉积。滩坝主要发育在工区的中部,近南北方向展布,其中坝砂长约1 km,宽约0.4 km(图8c)。工区北部及南部排606井附近发育小滩砂。SQⅢ湖退体系域不发育。

SQⅣ沉积时期,沉积范围缩小。湖侵体系域时期,研究区沉积物岩性较细,以泥岩或粉砂质泥岩为主,滩坝体积小,个数少,以湖泥沉积为主。湖退体系域时期,气候逐渐变干旱,盆地基底发生震荡作用并逐渐抬升^[2],湖盆萎缩,研究区北部、中部及南部均发育近南北展布的条带状滩坝砂体(图8d)。

SQⅣ沉积时期之后,地层整体抬升,研究区缺失东沟组沉积。另外,在研究区的北部及西北部,部分下白垩统地层也遭到了剥蚀。

6 层序形成的控制因素

不同于海相沉积盆地,陆相湖盆具有特定的地质特征,如受构造和气候作用影响大,盆地类型和结构复杂,湖盆水域浅而小,近物源和多物源供源方式,湖平面升降频繁,沉积体系类型多且相变快,湖盆缺少明显的地形坡折等^[17]。对于准噶尔盆地车排子地区,构造活动和气候变化是控制层序地层构型的主要因素。

6.1 构造活动

准噶尔盆地车排子地区白垩系层序地层主要为燕山期多向逆冲挤压及均衡挠曲的幕式充填沉积而成,它的发育分为3个阶段:早期白垩系准平原化阶段、中期振荡运动阶段及晚期整体隆升(东沟组沉积时期)阶段^[5]。白垩系早期,由于车排子凸起的强烈隆起作用,湖平面下降至最低,使得河谷中的河床底界面位于侵蚀基准面之上,沉积物供给速度远大于可容空间的增长速度,发生河流侵蚀作用,沉积一套平均厚度在20~50 m左右底砾岩层^[4];白垩系中期,车排子地区主要受多向逆冲挤压及均衡挠曲的振荡运动作用,湖平面升降变化频繁,物源区沉积供给较为稳定,湖平面上升时,沉积物沉积速度小于可容空间增长速度,沉积旋回主要表现为正韵律特征,即为湖侵体系域;湖平面小幅下降时,沉积物沉积速度大于可容空间增长速度,沉积颗粒变粗,沉积旋回表现为反韵律特征,即为湖退体系域;到白垩系晚期,准噶尔盆地车排子地区整体隆升,下白垩统连木沁组地层部分遭受剥蚀,其上东沟组地层在研究区未沉积。

由于车排子地区特定的边缘斜坡背景,该三级层序的顶、底界面以削蚀和上超超覆不整合面为主要特征^[23]。

6.2 古气候

古气候的变化影响湖泊汇水量的变化,导致湖平面的变化,进而控制着研究区层序地层的发育与演化。推测古气候的方法主要有岩石地层所含的自生矿物、古生物、生物分异度、孢粉类型、岩石类型及颜色^[24]。本次研究主要是根据岩石的颜色、古生物以及孢粉来推测下白垩统内三级层序形成时的古环境。层序SQⅠ沉积早期发育浅灰色或灰绿色中粗砾岩、含砾粗砂岩、粗砂岩夹红褐色膏泥岩,为干旱气候产物;中部岩性变细,主要为灰绿色泥岩、粉砂质泥岩,产轮藻、介形类、叶肢节、双壳类、腹足类及孢粉化石,黏土矿物中高岭石含量远大于伊利石含量^[25],为相对潮湿气候条件下的产物;上部主要为浅灰色粗砂岩、细砂岩夹棕红色泥岩,化石种类与SQⅠ中部类似,但孢粉化石风度减少,古气候由偏湿润变为干旱—半干旱。层序SQⅡ下部,岩性主要灰绿色泥岩、粉砂岩与棕红色泥岩、粉砂质泥岩不等厚互层,介形类、双壳类、腹足类及孢粉化石常见^[24];上部主要为灰绿色粉、细砂岩,夹棕红色泥岩,化石生物种类较下部明显减少,反映了古气候环境由温暖潮湿向半干旱的转变。层序SQⅢ沉积时,岩性主要为灰色、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩夹同色细、粉砂岩,具有水平层理、纹层,产轮藻、介形类、鱼类、叶肢节及双壳类化石,生物分异度及风度显著增加^[22],反映温暖潮湿的古气候;层序SQⅣ下部岩性主要为褐色泥岩与灰绿色粉砂岩、细砂岩不均匀互层,产轮藻、介形类、双壳类及叶肢节化石;上部地层以紫红色色调为主,反映了古气候由温暖潮湿向炎热偏干旱的转变。综合分析认为,车排子地区早白垩系(SQⅠ发育)时期气候以相对干旱→偏湿润为主,湖平面较低,发育扇三角洲沉积;从层序SQⅡ到层序SQⅢ时期,气候经历了温暖潮湿→半干旱→温暖潮湿的转变(表1),湖盆缓慢扩大,发育以灰绿色泥岩及泥质粉砂岩为主的滨浅湖滩坝沉积;SQⅣ时期,气候由温暖潮湿变为偏干旱,发育以褐色泥岩和灰绿色泥岩、粉砂质泥岩互层的滨浅湖滩坝沉积,沉积规模缩小。古气候旋回与沉积旋回的一致性说明了古气候变化是车排子地区下白垩统层序地层发育的主控因素之一^[24]。

7 结论

(1) 准噶尔盆地车排子地区下白垩统表现完整

的水进—水退旋回,层序和体系域特征明显,可划分为4个三级层序,其中SQ I、SQ II、SQ III和SQ IV分别对应于清水河组、呼图壁组、胜金口组和连木沁组地层。除了SQ III只发育湖侵体系域之外,其余层序均发育完整的湖侵体系域和湖退体系域。

(2) 研究区的沉积演化经历了SQ I ~ SQ III时期的湖盆扩张到SQ IV时期的湖盆萎缩的过程,发育扇三角洲前缘及开阔滨浅湖两大沉积亚相,其中滨浅湖可细分为近岸滩、坝砂、远岸滩及湖泥等4种沉积微相。滩坝主要发育在湖退体系域时期,与湖侵体系域时期形成的扇三角洲前缘水下分流河道砂共同组成了该区隐蔽油气藏的主要储集体。

(3) 幕式构造运动以及古气候变化是控制准噶尔盆地车排子地区白垩系层序地层构型的主要因素。其特定的斜坡构造及构造运动使得三级层序的顶、底界面的削蚀和上超特征明显,而古气候的干旱—半干旱→潮湿→干旱的旋回变化与沉积旋回变化的一致性印证了古气候对层序发育的控制作用。

参考文献(References)

- 1 宋传春. 准噶尔盆地车排子地区“三多”成藏特征分析[J]. 石油地球物理, 2007, 5(1): 47-49 [Song Chuanchun. The reservoir forming analysis of the multiple oil-bearing series, multiple reservoir types and multiple oilness grades in Chepaizi area, Junggar Basin[J]. Petroleum Geophysics, 2007, 5(1): 47-49]
- 2 杨勇, 陈世悦, 向奎, 等. 准噶尔盆地西北缘车排子地区下白垩统层序地层与沉积演化[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2011, 35(5): 20-26 [Yang Yong, Chen Shiyue, Xiang Kui, et al. Sequence stratigraphy and sedimentary evolution of Lower Cretaceous series in Chepaizi area, northwestern margin of Junggar Basin[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Sciences), 2011, 35(5): 20-26]
- 3 邢凤存, 陆永潮, 刘传虎, 等. 车排子地区构造——古地貌特征及其控砂机制[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 78-106 [Xing Fengcun, Lu Yongchao, Liu Chuanhu, et al. Structural-paleogeomorphologic features of Chepaizi area and mechanism of their control on sandbodies[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(1): 78-106]
- 4 谷云飞, 马明福, 苏世龙, 等. 准噶尔盆地白垩系岩相古地理[J]. 石油实验地质, 2003, 25(4): 337-342 [Gu Yunfei, Ma Mingfu, Su Shilong, et al. Lithofacies paleogeography of the Cretaceous in the Junggar Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(4): 337-342]
- 5 史建南, 邹华耀. 准噶尔盆地车排子凸起隐蔽油气藏成藏机理[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2009, 24(2): 25-30 [Shi Jiannan, Zou Huayao. Study on the formation mechanism of the subtle oil/gas reservoir in Chepaizi uplift, Junggar Basin[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Nature Science Edition), 2009, 24(2): 25-30]
- 6 胡宗全. 准噶尔盆地西北缘车排子地区油气成藏模式[J]. 断块油气田, 2004, 11(1): 12-15 [Hu Zongquan. Hydrocarbon reservoir formation model of Chepaizi area in northwest edge of Junggar Basin[J]. Fault-Block and Gas Field, 2004, 11(1): 12-15]
- 7 支东明, 赵卫军, 关键, 等. 准噶尔盆地车排子地区新近系沙湾组油层特征[J]. 天然气勘探与开发, 2007, 30(3): 5-7 [Zhi Dongming, Zhao Weijun, Guan Jian, et al. Reservoir characteristics of Neogene Shawan Formation in Chepaizi region, Junggar Basin[J]. Nature Gas Exploration and Development, 2007, 30(3): 5-7]
- 8 Zhu Shifa, Zhu Xiaomin, Wang Xulong, et al. Zeolite diagenesis and its control on petroleum reservoir quality of Permian in northwestern margin of Junggar Basin, China[J]. Science China (Earth Sciences), 2012, 55(3): 386-396]
- 9 刘洛夫, 孟江辉, 王维斌, 等. 准噶尔盆地西北缘车排子凸起上、下层系原油的地球化学特征差异及其意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2011, 41(2): 377-390 [Liu Luofu, Meng Jianghui, Wang Weibin, et al. Differences in geochemical characteristics of oils trapped in the Upper and the Lower series of strata of Chepaizi uplift along northwest margin of Junggar Basin and their significances[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2011, 41(2): 377-390]
- 10 王红亮, 邓宏文, 孙德军. 准噶尔盆地南缘层序地层特征与有利含气区带预测[J]. 石油实验地质, 2000, 22(4): 336-340 [Wang Hongliang, Deng Hongwen, Sun Dejun. Characteristics of sequence stratigraphy and prediction of favorable gas zones for the south edge of the Junggar Basin[J]. Experimental Petroleum Geology, 2000, 22(4): 336-340]
- 11 冯有良, 李思田, 解习农, 陆相断陷盆地层序地层形成动力学及层序地层模式[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 119-132 [Feng Youliang, Li Sitian, Xie Xinong. Dynamics of sequence generation and sequence stratigraphic model in continental rift-subsidence basin[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(3): 119-132]
- 12 邓宏文. 美国层序地层学研究的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 89-97 [Deng Hongwen. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U. S.: High-resolution sequence stratigraphy[J]. Oil & Gas Geology, 1995, 16(2): 89-97]
- 13 徐怀大, 等译. 层序地层学原理(海平面变化综合分析)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 86-137 [Translated by Xu Huaida, et al. Sea Level Change: An Integrated Approach[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 86-137]
- 14 Wilgus C K, Hastings B S, Posamentier H. Sea-level changes: an integrated approach[M]. SEMP Special Publication, 1988, 42: 39-45
- 15 Cross T A, Lessenger M A. Sequence stratigraphy concepts and application[M]. NPF Special Publication 8, 1988: 171-195
- 16 Galloway W E. Genetic stratigraphic sequence in basin analysis I: Architecture and genesis of flooding surfaces bounded depositional unites[J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(2): 125-142
- 17 朱筱敏. 层序地层学[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2000 [Zhu Xiaomin. Sequence Stratigraphy[M]. Dongying: China University Press, 2000]

- 18 白斌,周立发,邹才能,等. 准噶尔盆地南缘若干不整合界面的厘定[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(3): 270-280 [Bai Bin, Zhou Li-fa, Zou Caineng, *et al.* Definition of some unconformities in the south margin of Junggar Basin, NW China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2010, 37(3): 270-280]
- 19 朱筱敏,董艳蕾,胡廷慧,等. 精细层序地层格架与地震沉积学研究——以泌阳凹陷核桃园组为例[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(4): 605-624 [Zhu Xiaomin, Dong Yanlei, Hu Tinghui, *et al.* Seismic sedimentology study of fine sequence stratigraphic framework: A case study of the Hetaoyuan Formation in the Biyang sag [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(4): 605-624]
- 20 朱筱敏,康安,王贵文,等. 鄂尔多斯盆地西南部上古生界层序地层和沉积体系特征[J]. 石油实验地质, 2002, 24(4): 326-333 [Zhu Xiaomin, Kang An, Wang Guiwen, *et al.* The upper Paleozoic sequence stratigraphic and sedimentary system characteristics of the southwest Ordos Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2002, 24(4): 326-333]
- 21 朱筱敏,董艳蕾,杨俊生,等. 辽东湾地区古近系层序地层格架与沉积体系分布[J]. 中国科学(D辑): 地球科学, 2008, 38(增刊1): 1-10 [Zhu Xiaomin, Dong Yanlei, Yang Junsheng, *et al.* Sequence stratigraphic framework and sedimentary system distribution in Paleocene in Liaodong Bay [J]. Science China (Seri. D): Earth Sciences, 2008, 38(Supp. 1): 1-10]
- 22 李丕龙,冯建辉,陆永潮,等. 准噶尔盆地构造沉积与成藏[M]. 北京: 地质出版社, 2010 [Li Pilong, Feng Jianhui, Lu Yongchao, *et al.* Tectonic Sedimentology and Reservoir Forming of Junggar Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010]
- 23 李涛,陆永潮,陈平,等. 准噶尔盆地车排子地区下切谷的发现及其油气地质意义[J]. 石油实验地质, 2008, 30(4): 364-366 [Li Tao, Lu Yongchao, Chen Ping, *et al.* Discovery of incised valley and its petroleum geological significance at Chepaizi area of the Junggar Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(4): 364-366]
- 24 杨景林. 准噶尔盆地白垩纪轮藻植物群及相关的生物地层和层序地层研究[D]. 南京: 中国科学院南京地质古生物研究所, 2003: 72-108 [Yang Jinglin. On the Cretaceous charophytes, biostratigraphy and sequence stratigraphy of the Junggar Basin, Xinjiang, China [D]. Nanjing: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Science, 2003: 72-108]
- 25 杨景林,王启飞,卢辉楠. 准噶尔盆地白垩纪轮藻化石组合序列[J]. 微体古生物学报, 2008, 12(25): 345-363 [Yang Jinglin, Wang Qifei, Lu Huinan. Cretaceous charophyte floras from the Junggar Basin, Xinjiang, China [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2008, 12(25): 345-363]

Sequence Stratigraphic Framework of Lower Cretaceous and Its Main Controlling Factors in Chepaizi Area, Junggar Basin

ZHAO Dong-na^{1 2} ZHU Xiao-min^{1 2} DONG Yan-lei^{1 2}
WU Dong^{1 2} TAO Wen-fang^{1 2} WANG Xin^{1 2}

(1. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting (China University of Petroleum), Beijing 102249;

2. College of Natural Resource and Information Technology, China University of Petroleum, Beijing 102249)

Abstract: Based on the analysis of seismic data, drilling data, drilling, paleontological data and well-seismic calibration, and combined with the characteristic of sedimentary sequence, tectonic evolution and climate periodic change in Chepaizi area, northwestern margin of Junggar Basin, the lower Cretaceous could be divided into 4 3rd order sequences under the guidance of high-resolution sequence stratigraphy analysis method. A sequence stratigraphic model for depression basin without slope break was established according to the gentle slope tectonic setting in Chepaizi area. In this model, the third-order sequence consisted of 2 system tracts, transgressive system tract (TST) and regressive system tract (RST). Coarse-grained fan delta front and fine-grained shore-shallow lacustrine was mainly developed in TST, and relatively coarse-grained shore-shallow lacustrine was developed in RST. The cyclicity feature of sediment evolution in the study area was obvious. Both the episodic movement and the ancient climate change of Lower Cretaceous play an important role during the sequence development.

Key words: sequence stratigraphy; controlling factor; Lower Cretaceous; Junggar Basin; Chepaizi area