

文章编号:1673-5005(2011)05-0020-07

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

杨 勇¹, 陈世悦¹, 向 奎², 杨俊生¹

(1. 中国石油大学 地球科学与技术学院, 山东 青岛 266555; 2. 胜利油田 新疆勘探开发中心, 山东 东营 257017)

摘要:以层序地层学理论为依据,综合运用地震、钻井、测井、野外露头和古生物资料,在井-震联合标定的基础上,对准噶尔盆地西北缘车排子地区下白垩统层序地层及沉积演化进行研究。结果表明:下白垩统可划分为2个三级层序;下部层序 KSI 结构发育完整,低位体系域以辫状河和扇三角洲沉积为主,下切谷特征明显,水进体系域发育滨浅湖沉积,高位体系域发育扇三角洲、滨浅湖沉积;上部层序 KSII 低位体系域不发育,水进体系域主要发育滨浅湖沉积,高位体系域在湖平面缓慢下降、陆源碎屑物质供给不断减少的环境下发育曲流河、扇三角洲、滨浅湖沉积;下白垩统沉积建造反映研究区的沉积演化具有一定旋回性,早白垩世古气候变化对层序的发育起重要的控制作用。

关键词:层序地层; 沉积演化; 准噶尔盆地; 车排子地区; 下白垩统

中图分类号:TE 121.34 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1673-5005.2011.05.004

Sequence stratigraphy and sedimentary evolution of Lower Cretaceous series in Chepaizi area, northwestern margin of Junggar Basin

YANG Yong¹, CHEN Shi-yue¹, XIANG Kui², YANG Jun-sheng¹

(1. School of Geosciences in China University of Petroleum, Qingdao 266555, China;

2. Xinjiang Exploration and Development Center, Shengli Oilfield, Dongying 257017, China)

Abstract: Based on the theory of sequence stratigraphy, the sequence stratigraphy and sedimentary evolution of Lower Cretaceous series in Chepaizi area, northwestern margin of Junggar Basin were studied by comprehensive application of seismic data, drilling data, logging, outcrop data, paleontological data and well-seismic calibration. The results show that the Lower Cretaceous can be divided into two third-order sequences. The lower part of sequence KSI develops well. The lowstand system tract (LST) is dominated by braided river and fan-delta. The feature of down cutting valley is obvious. Transgressive system tract (TST) is mostly made up of shoreface/offshore deposits. The highstand system tract (HST) mostly consists of fan-delta and shoreface/offshore deposits. The top part of sequence KSII can be classified into 2 system tracts. The TST is made up of shoreface/offshore deposits. The HST mainly consists of meandering river, fan-delta and shoreface/offshore deposits in the condition of the slowly falling lake level and gradually decreasing supply of terrestrial clastic. The sedimentary construction of Lower Cretaceous shows that sediment evolution of the research square has the character of cyclicity. The ancient climate change of Lower Cretaceous plays an important role during the sequence development.

Key words: sequence stratigraphy; sedimentary evolution; Junggar Basin; Chepaizi area; Lower Cretaceous

准噶尔盆地陆梁隆起白垩系发现亿吨级油田,标志着白垩系勘探的重大突破,展示出广阔的勘探前景。2005年,研究区排2井沙湾组获得高产油流,但后续开发井的落空揭示了车排子地区地层沉

积的复杂性。许多学者对准噶尔盆地的层序地层进行过相应研究^[1-2],但研究层次主要集中于盆地级的侏罗系以及车排子地区的新近系^[3-4],对白垩系层序地层及沉积演化的研究尚属空白。车排子凸起是海

收稿日期:2011-01-15

基金项目:国家重大专项课题(2009ZX05009)

作者简介:杨勇(1977-),男(汉族),山东烟台人,博士研究生,从事沉积学及岩相古地理学的科研工作。

西晚期形成的一个长期继承性发育的三角形古凸起,其主体走向北西-南东至东西向,地层具有南东厚、北西薄的楔状体特征,自下而上发育清水河组、呼图壁河组、胜金口组和连木沁组。笔者以经典层序地层学理论为指导^[5-6],以野外剖面研究为基础,通过三维地震测线的精细解释和合成地震记录来标定地震剖面,进行井间对比及井震对比以识别层序界面,划分体系域,结合20多口井的录井、测井、岩心、古生物等资料,深入研究各体系域的沉积相类型、垂向演化序列和平面展布规律,为车排子地区油气勘探提供层序-沉积依据。

1 层序地层特征

1.1 层序界面的识别

研究区处于勘探早期,钻遇目的层的井少,但三维地震覆盖全区,三维地震资料成为识别层序界面的主要手段之一。例如:层序 KSI 底界面 KSB1 为区域性不整合面,该界面地震反射同相轴表现为强振幅、长连续的特征,可见层序界面之上地层的上超现象,部分地区下切谷发育;层序 KSII 顶界面 ESB1 之下可见地层的削截接触关系。

研究区周缘野外露头发育,地层出露良好,二级层序界面特征明显,通过对盆地南缘紫泥泉子剖面、四棵树剖面、玛纳斯河剖面及雀儿沟剖面的详细地质调查来识别层序界面。紫泥泉子剖面下白垩统清水河组浅灰色河道砂砾岩与上侏罗统喀拉扎组紫红色冲积扇“砾岩墙”之间呈角度不整合接触,不整合面形成于距今约 142 Ma 时期,区域构造表现为中晚侏罗世冲断构造作用结束、早白垩世拗陷沉降开始。紫泥泉子剖面古近系紫泥泉子组河流-湖泊相褐红色砂质泥岩夹灰红色砂岩与下伏白垩系东沟组灰色砂岩呈角度不整合接触,不整合面形成于距今约 65 Ma 时期,区域构造表现为由下白垩统的盆地萎缩向古近系的盆地扩展的转变。

车排子地区处于准噶尔盆地的斜坡地带,地震反射特征如削截、超覆等现象不明显,三级层序界面在地震剖面上识别较困难,但在测井曲线和野外剖面上容易识别。野外露头剖面上岩性的突变、岩石颜色的变化(图1)也是识别层序界面及体系域界面的重要标志。

层序 KSI 底界面对应于清水河组底界面,全区稳定发育,与二级层序底界面一致,为区域性角度不整合面,也是岩性、岩相的转换面。白垩系与下伏地层的突变接触面在地震剖面上表现为断续强波峰反射

同相轴与杂乱反射的突变,合成地震记录速度差异明显,可见明显的上超现象,钻井剖面上表现为含砾砂岩直接覆盖在侏罗系或石炭系凝灰岩、变质岩之上,为区域性角度不整合接触,界面上下测井曲线突变。层序 KSI 顶界面与层序 KSII 底界面对应于胜金口组底界面,岩性剖面上表现为砂泥岩突变接触和测井曲线的突变。界面之上自然电位曲线的异常幅度大,主要呈箱形、钟形或箱形与钟形组成的复合型;界面之下曲线的异常幅度明显变小,自然电位曲线呈微齿状(图2)。层序 KSII 顶界面对应于连木沁组顶界面,与二级层序顶界面一致,为区域性角度不整合面,地震剖面上表现为连续的强振幅反射同相轴与空白反射的差异,界面之下可见削截现象,岩性剖面上表现为含砾砂岩与泥岩、粉砂岩的突变接触。

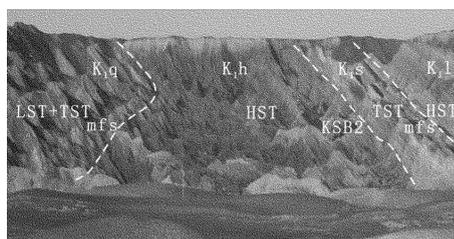


图1 准噶尔盆地南缘雀儿沟剖面体系域界面特征

Fig. 1 Interface characteristics of system tract in southern Junggar Basin

1.2 体系域界面的识别

陆相湖盆的湖泛面具较严格的等时意义,以首次湖泛面(ffs)、最大湖泛面(mfs)作为划分低位体系域、水进体系域和高位体系域的标志层。在岩性无明显变化的条件下,体系域界面特征在地震剖面和测井曲线上不明显,反映气候变化的颜色差异成为划分体系域界面的直观标志。

首次湖泛面在钻井和野外露头剖面上特征明显。研究区内的界面标志为:沉积相类型相变明显,如排208井层序I低位体系域扇三角洲相与水进体系域的湖相之间的突变;沉积物的颜色、岩性、结构和古生物组合发生变化;准层序叠置样式发生变化。

最大湖泛期形成的密集段是易于识别的标志层,研究区最大湖泛面的识别标志主要表现(图3)为:密集段为暗色泥岩;湖泛面在测井曲线上表现为高自然电位向低自然电位转变的拐点位置,且这一响应特征具有区域可对比性;准层序的叠置样式、岩性、颜色等发生变化,最大湖泛面之下的水进体系域多为正韵律的退积,以深灰、灰绿色泥岩为主,而界面之上的高位体系域常呈现反韵律的进积,岩性变

粗,砂质含量明显增大。

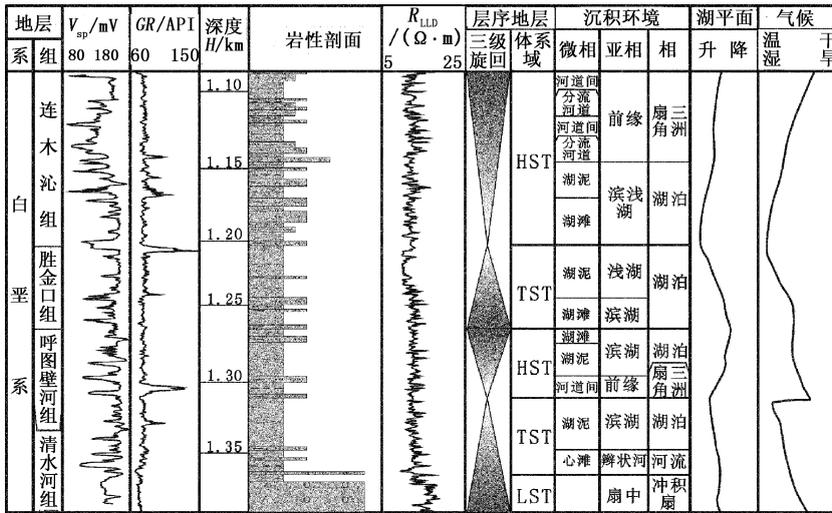


图2 准噶尔盆地车排子地区下白垩统层序及沉积相综合柱状图

Fig.2 Composite columnar section of sequence and sedimentary facies of lower Cretaceous in Chepaizi area of Junggar Basin

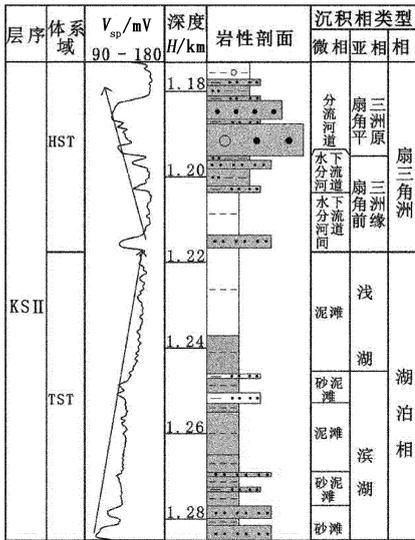


图3 准噶尔盆地车排子地区排2井体系域界面特征
Fig.3 Interface characteristics of system tract of well pai2 in Chepaizi area of Junggar Basin

1.3 层序地层划分

充分借鉴已有层序地层的研究成果^[7-11],应用层序地层学理论,在车排子地区首次建立下白垩统等时地层格架,确定了车排子地区层序地层的划分方案(表1),将研究区下白垩统地层划分为2个三级层序(表1、图2)。

层序 KSI 相当于清水河组和呼图壁河组:低位体系域对应于清水河组下部,分布范围小,仅在研究区东部小范围发育,岩性主要为砂岩及含砾砂岩,厚度变化较大,为0~32 m,整体呈楔状体自西向东增厚,研究区北部主要发育辫状河河道沉积,向南过渡

为扇三角洲沉积,南部地形坡降较大,主要发育滨浅湖沉积;水进体系域对应于清水河组上部,分布范围较广,厚度变化小,主要发育滨浅湖沉积,可见泥岩中的薄层粉砂岩夹层,扇三角洲仅在北部小范围存在;高位体系域与呼图壁河组对应,随着沉积物的填充,湖盆水体渐浅,沉积物供给相对减少,主要发育滨浅湖泥岩、粉砂岩沉积,与水进体系域相比,沉积物颜色发生较大变化。

表1 准噶尔盆地车排子地区下白垩统层序划分方案
Table 1 Sequence division of lower Cretaceous in Chepaizi area of Junggar Basin

地 层	绝对年 龄t/Ma	层序 界面	层序划分方案	湖 平 面
界 系 统 组			层序 体系域	升 降
古近系	65.0	ESB1		
中 白 垩 系	上 统	99.6	东沟组 (K ₁ d)	
			连木沁组 (K ₁ l)	KSI
	下 统		胜金口组 (K ₁ s)	KSI
			呼图壁组 (K ₁ h)	KSI
界	145.6	KSB1	清水河组 (K ₁ q)	KSI
侏罗系/二叠系				

层序 KSI 发育特征,地层厚度变化小,处于萎缩期的湖盆地形平缓,难以识别出首次湖泛面。水进体系域与胜金口组相当,在快速水进背景下形成北部小范围的扇三角洲沉积和南部大范围的滨浅湖沉积,其物源主要来自北部;高位体系域对应于连木沁组,在

缓慢水退背景下接受来自北部及西部物源区的扇三角洲和滨浅湖沉积。

1.4 层序地层格架

沉积相对油田开发具有重大的意义,而准确和精细的地层格架模型则是开展有效沉积相研究工作的基础。在单井各级次层序的划分基础上,结合钻井和地震剖面层序地层特征分析,以二级层序作为格架,三级层序为等时地层对比单元,选择三级层序的二分时间单元分界线(层序界面和湖泛面)为优选等时对比位置,对车排子地区下白垩统层序地层进行等时地层对比并建立时间-地层格架。通过绘制近南北向连井剖面地层格架图(图4),详细研究地层格架中沉积相及层序地层南北向变化特征。

层序 KSI 低位体系域时期,岩性特征表现为粒度粗,呈现出正韵律序列的多期叠置,冲刷-充填构造发育,扇三角洲扇缘亚相沉积砂岩厚度大,一般为 10~20 m,河道亚相砂体厚 1~2 m。两期辫状河沉积之间发育较薄的灰色泥岩层,测井曲线表现为自然电位曲线中高幅箱形、钟形或箱形-钟形组合的

特征,反映向上沉积水体的能量减弱,自然伽马曲线为箱型夹不规则锯齿状尖峰,旋回顶底面多突变接触关系(图2)。层序 KSI 水进体系域时期,湖盆水体范围扩大,发育滨浅湖灰色泥岩和滩坝砂体。层序 KSI 高位体系域时期,气候突变导致湖平面快速下降,构造层发生右旋运动^[12],造成西部物源的逐渐消失,北部物源发挥主导作用,控制地层的展布,表现出反韵律特征,发育扇三角洲、湖泊相沉积,具有箱形、漏斗形自然电位曲线特征。层序 KSII 水进体系域时期,仅在北部发育小型砂坝沉积,滨浅湖沉积的质纯暗色泥岩大面积展布。层序 KSII 高位体系域时期,湖盆萎缩,车排子镇以北至排 202 井一线发育扇三角洲前缘水下分流河道砂和滨浅湖灰色泥岩和砂坝,砂体厚度 3~15 m(图4)。滨岸滩坝沉积以灰色泥质粉砂岩及浅灰色粉细砂岩为主,见黄铁矿晶体,砂层具向上变粗的反韵律特征,粒度概率曲线上发育过渡带。滨浅湖泥以粉细砂岩与杂色泥岩共存为特征,泥岩中含有较多细碎屑物质。

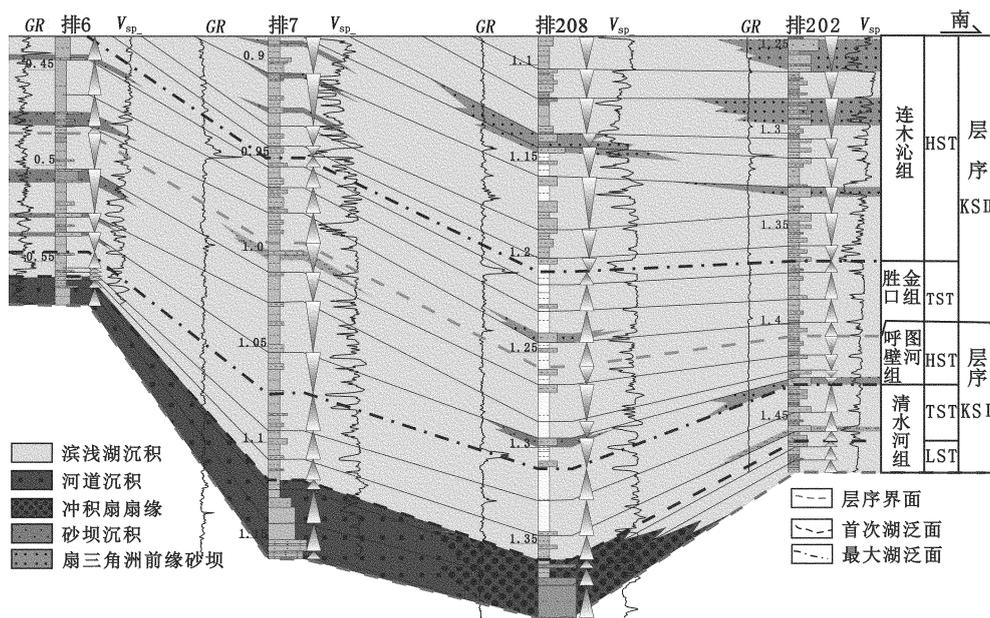


图4 准噶尔盆地车排子地区下白垩统层序格架

Fig. 4 Sequence framework of lower cretaceous in Chepaizi area of Junggar Basin

1.5 层序发育的主控因素

陆相层序地层的发育主要受控于构造运动、古地貌、古气候、沉积物供给和湖平面升降等因素。早白垩世,研究区构造相对稳定,受周缘古地貌的影响,整体处于盆阔水浅的闭流湖盆沉积背景下,古气候的变化影响湖泊汇水量的变化,导致湖平面的升降,控制层序地层的发育。根据岩石地层中所包含的自生矿物、古生物、生物分异度、孢粉类型、岩石类型及颜色

等方面来推测古气候^[13],其中岩石颜色是辨别古气候变化的最直观的标志之一。层序 KSI 沉积早期发育的砂砾岩夹薄层泥岩呈氧化色,为干旱-半干旱气候条件下产物;层序 KSI 沉积中期发育灰绿色、灰色粉细砂岩、泥岩,孢粉化石常见,黏土矿物中高岭石含量远大于伊利石含量,生物种类明显增多,反映温暖潮湿的气候条件;层序 KSI 晚期以浅紫红色调为主,生物分异度及丰度显著减少,未发现孢粉化石,黏土

矿物中伊利石含量高,高岭石含量低,反映干旱气候环境。层序 KSII 沉积早期,地层呈灰、灰黑色,黏土矿物中高岭石含量较早期明显增多,显示温暖潮湿的沉积环境;层序 KSII 沉积晚期地层以紫红色调为主,反映主气候炎热干旱(图 1)。气候对层序的控制主要通过对降雨量和蒸发量的影响进一步引起湖平面和可容纳空间的变化来完成,气候波动引起湖平面变动,导致沉积物分布范围的变化,古气候旋回与沉积旋回一致性说明古气候变化是层序的主控因素。综

合分析认为气候经历干旱—半干旱→潮湿→干旱→潮湿→干旱的转变过程(图 2)。

2 沉积演化

层序 KSI 沉积时期,研究区发育辫状河、扇三角洲、滨浅湖沉积。层序 KSII 时期,发育滨浅湖、曲流河、扇三角洲沉积。本次以体系域为研究单元,开展层序框架内沉积展布的演化特征研究。研究区下白垩统沉积相平面展布见图 5。

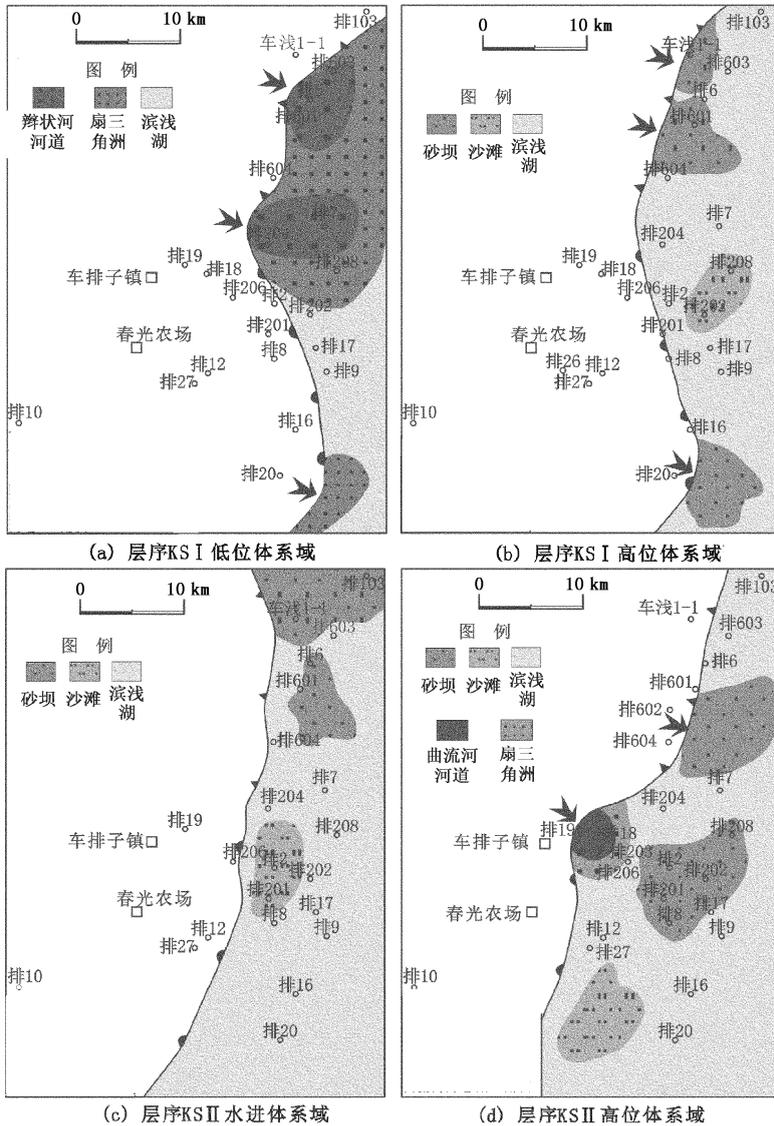


图 5 准噶尔盆地车排子地区下白垩统沉积相平面展布

Fig. 5 Horizontal distribution of lower Cretaceous sedimentary facies in Chepaizi area of Junggar Basin

层序 KSI 早期,沉积范围局限于研究区东部,在车浅 1-1、排 601、排 204、排 201、排 9 一线可见向西的超覆,反映古地形西高东低。从岩性特征来看,层序 KSI 沉积时期沉积物表现出西粗东细,砂岩含量向东递减。重矿物资料表明,沉积为近源搬运堆积,物源

来自扎伊尔山及其前缘地带。地震剖面上沿排 10-排 20 井一线发育的古隆起将沉积物源分成两部分,研究区主要接受西部物源的沉积。研究区发育沿北西-南东向展布的沉积凹陷,凹陷中心位于排 204-排 7 井一线,扇体交错叠置构成大型复合扇体,在扇体的两

侧及前缘发育河流泛滥平原沉积(图5(a))。层序KSI中期,出现小规模湖泛,沉积范围与早期相当,沉积了深灰色湖相泥岩。层序KSI晚期,沉积范围较早期有所扩大,整体来看,沉降中心仍位于研究区东部。湖水缓慢下降,发育扇三角洲-湖泊沉积,东部发育滨浅湖沉积(图5(b))。目前层序边界是后期抬升遭受剥蚀后的残存地层边界,该层序反映了缓慢湖进-缓慢湖退的沉积演化特点。

层序KSII水进体系域时期气候温湿,沉积地层厚度为50~90 m。研究区地层沉降幅度大,湖域范围增大,滨浅湖沉积发育,北部物源区开始活跃,北部发育砂坝沉积(图5(c))。层序KSII高位体系域时期,气候逐渐变得干旱,盆地基底发生震荡作用并逐渐抬升,湖域范围缩小,河流冲积平原沉积发育,研究区东南部以滨浅湖环境为主,北部地区遭受剥蚀的程度加剧(图5(d))。该层序反映了快速湖进-缓慢湖退的沉积演化特点。

由于周边地区经过长时期的剥蚀夷平,再次抬升的幅度不大,坡降小,碎屑物质较细。层序KSII沉积时期之后,气候炎热干旱,地层整体抬升,研究区缺失东沟组沉积。在研究区北部,层序KSII时期甚至层序KSI沉积时期的地层都遭到剥蚀。

3 层序充填模式

地震剖面的精细解剖表明层序构成样式主要与坡折带有关^[14],研究区坡折带的发育控制了本区的层序构成样式、低位体构域和沉积体系的分布^[15-16],根据层序及体系域充填特征,研究区下白垩统发育两种类型层序模式,如图6所示。

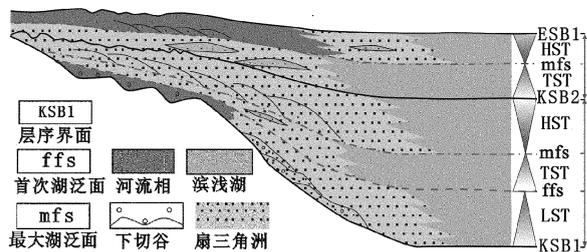


图6 准噶尔盆地车排子地区下白垩统层序模式

Fig. 6 Sequence diagram of lower Cretaceous sedimentary facies in Chepaizi area of Junggar Basin

层序KSI形成于湖盆扩张期,盆地西缘凸起隆升遭受剥蚀,物源供给较充足,受古地形的影响,发育沉积坡折型层序,层序KSI具有完整的“三元结构”,最明显的特征表现为分布范围较小的低位体系域发育下切谷沉积。

层序KSII形成于湖盆萎缩期,发育无坡折型

“二元结构”层序^[17],该时期以滨浅湖和扇三角洲的浅水沉积环境为主。因地势平缓,斜坡坡度向盆内递减不明显,发育典型的“广盆水浅”沉积特征,因难以确定首次湖泛面位置,无法识别低位体系域,发育退积的水进体系域与进积的高位体系域的叠置沉积。

4 结论

(1)下白垩统可划分为2个三级层序,其中:下部层序KSI与清水河组和呼图壁河组相对应,内部结构三分;上部层序KSII对应于胜金口组和连木沁组,低位体系域不发育,内部结构二分。

(2)研究区的沉积演化经历了层序KSI时期的湖盆扩张至层序KSII时期的湖盆萎缩的过程,综合分析认为气候变化为层序构成的主控因素。沉积环境的演变指示了本区的气候变化经历了层序KSI时期的干旱/半干旱→温暖潮湿→干旱→温暖潮湿气候环境至层序KSII时期的温暖潮湿→干旱气候环境。

(3)研究区三级层序的充填模式研究表明,沉积坡折对于体系域结构的发育起到关键性控制作用,无坡折的缓坡带不发育低位体系域,具沉积坡折的地区发育的低位体系域砂体可作为良好的储层,具有较为广阔的勘探前景。

参考文献:

- [1] 谷云飞,马福明,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 Yun-fei, MA Fu-ming, SU Shi-long, et al. Lithofacies paleogeography of the cretaceous in the Junggar Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(4): 337-342.
- [2] 高雷,朱筱敏,吕雪雁.准噶尔盆地三个泉地区下白垩统沉积相特征[J].石油大学学报:自然科学版,2004,28(1):5-9.
GAO Lei, ZHU Xiao-min, LÜ Xue-yan. Sedimentary facies of lower cretaceous in Sangequan area of Junggar Basin [J]. Journal of University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2004, 28(1): 5-9.
- [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):78-83.
XING Feng-cun, LU Yong-chao, LIU Chuan-hu, et al. Structural-paleogeomorphic features of Chepaizi area and mechanism of their control on sandbodies [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(1): 78-83.
- [4] 向奎.准噶尔盆地车排子地区下切谷沉积体系及有利勘探方向[J].中国石油大学学报:自然科学版,2007,31(6):2-5.

- XIANG Kui. Entrenched valley depositional system and advantageous exploration direction of Chepaizi area in Junggar Basin[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2007, 31(6): 2-5.
- [5] VAIL P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy[J]. AAPG Bulletin, 1987, 27: 1-10.
- [6] 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.
- GU Jia-yu. Framework concepts and models of sequence stratigraphy in nonmarine petroliferous basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1995, 22(4): 6-10.
- [7] 张立强, 罗晓容, 何登发, 等. 准噶尔盆地南缘下白垩统层序界面的识别[J]. 沉积学报, 2004, 22(4): 636-643.
- ZHANG Li-qiang, LUO Xiao-rong, HE Deng-fa, et al. Sequence boundaries of the lower cretaceous, southern Junggar Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(4): 636-643.
- [8] 杨怀宇, 陈世悦, 刘继山, 等. 准噶尔盆地乌-夏地区二叠系夏子街组层序格架[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2008, 32(3): 1-6.
- YANG Huai-yu, CHEN Shi-yue, LIU Ji-shan, et al. Sequence framework in Xiazijie formation of Permian Wu-xia area of Junggar Basin[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2008, 32(3): 1-6.
- [9] 李德江, 杨俊生, 朱筱敏. 准噶尔盆地层序地层学研究[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2005, 20(3): 60-66.
- LI De-jiang, YANG Jun-sheng, ZHU Xiao-min. Study on the sequence stratigraphy of Zhungeer Basin[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Edition of Natural Science), 2005, 20(3): 60-66.
- [10] 查明, 李秀鹏, 曾洪流, 等. 准噶尔盆地乌夏地区中下三叠统地震沉积学研究[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2010, 34(6): 8-12.
- ZHA Ming, LI Xiu-peng, ZENG Hong-liu, et al. Seismic sedimentology study of Middle and Lower Triassic in Wu Xia area, Junggar Basin[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2010, 34(6): 8-12.
- [11] 刘媛, 朱筱敏, 袁红旗, 等. 三肇凹陷白垩系姚一段葡萄花油层浅水三角洲高分辨率层序地层新认识[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2010, 34(4): 7-12.
- LIU Yuan, ZHU Xiao-min, YUAN Hong-qi, et al. New explanation for shallow delta high resolution sequence stratigraphy of Putaohua oil bearing layer of member 1 of Yaojia formation of Cretaceous in Sanzhao sag[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2010, 34(4): 7-12.
- [12] 董臣强. 准噶尔盆地车排子地区成藏特征分析[J]. 油气地球物理, 2008, 6(4): 34-37.
- DONG Chen-qiang. The analysis of the reservoir-forming characteristics of the Chepaizi area in Zhugar Basin[J]. Petroleum Geophysics, 2008, 6(4): 34-37.
- [13] 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 Jing-lin. The research of charophytes flora and related biostratigraphy and sequence of Cretaceous in Junggar Basin[D]. Nanjing: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, 2003: 72-108.
- [14] 谢玉洪, 王振峰, 解习农, 等. 莺歌海盆地坡折带特征及其对沉积体系的控制[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2004, 29(5): 569-574.
- XIE Yu-hong, WANG Zhen-feng, XIE Xi-nong, et al. Patterns of Slope-Break Zone and Their Depositional models in the Yinggehai Basin[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2004, 29(5): 569-574.
- [15] 杨帆, 于兴河, 张峰, 等. 冀中拗陷饶阳凹陷蠡县斜坡带层序地层发育模式及主控因素[J]. 古地理学报, 2010, 12(1): 82-89.
- YANG Fan, YU Xing-he, ZHANG Feng, et al. Sequence stratigraphic model and key controlling factors of Lixian Slope in Raoyang Sag, Central Hebei depression[J]. Journal of Palaeogeography, 2010, 12(1): 82-89.
- [16] 纪友亮, 蒙启安, 曹瑞成, 等. 贝南凹陷古地形对层序结构及沉积充填的控制[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2009, 37(11): 1541-1545.
- Ji You-liang, MENG Qi-an, CAO Rui-cheng, et al. Control of paleo-morphology to sequence and sedimentary system in South Beir depression[J]. Journal of Tong-jii University (Natural Science Edition). 2009, 37(11): 1541-1545.
- [17] 顾家裕, 郭彬程, 张兴阳. 中国陆相盆地层序地层格架及模式[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(5): 11-15.
- GU Jia-yu, GUO Bin-cheng, ZHANG Xing-yang. Sequence stratigraphic framework and model of the continental basins in China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(5): 11-15.

(编辑 徐会永)