

沙雅隆起白垩系卡普沙良群层序地层与沉积模式

王改云^{1,2}, 王英民², 张雷², 陆金波²

(1. 国土资源部广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760; 2. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249)

摘要:综合运用钻井、测井和地震资料,对塔里木盆地沙雅隆起白垩系卡普沙良群进行了层序地层及沉积相研究。沙雅隆起处于库车前陆盆地的前隆带和隆后拗陷,卡普沙良群对应于一幕逆冲构造活动,其内细分的3个层序(SQ1—SQ3)对应前陆盆地的不同演化阶段。SQ1处于逆冲构造活动的初始期,低位体系域占主导,前隆带中部剥蚀,其两侧斜坡发育来自该剥蚀区的扇三角洲、辫状河三角洲沉积,隆后拗陷则发育来自前隆带及盆地腹部的三角洲沉积;SQ2处于逆冲构造活动增强期,湖侵体系域相对发育,前隆带整体沉降至水下,以滨浅湖沉积为主,隆后拗陷则主要发育曲流河三角洲沉积;SQ3处于逆冲构造活动减弱期和停滞期,以高位体系域的相对发育为特征,前隆带和隆后拗陷成为一体,发育曲流河三角洲和辫状河三角洲沉积。

关键词:沙雅隆起;卡普沙良群;层序地层;沉积相;沉积模式

中图分类号:TE122.2

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2011)05-0059-07

Sequence Stratigraphy and Sedimentary Model of Kapushaliang Group of Cretaceous in Shaya Uplift, Tarim Basin

WANG Gaiyun^{1,2}, WANG Yingmin², ZHANG Lei², LU Jinbo²

(1. Guangzhou Marine Geological Survey Bureau, Ministry of Land and Natural Resources, Guangzhou, Guangdong 510760, China; 2. College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Based on the drilling, logging and seismic data, the sequence stratigraphy and sedimentary facies of Kapushaliang group of Cretaceous are studied in Shaya uplift of Tarim basin. Shaya uplift locates in the forebulge and backage of Kuqa foreland basin, and Kapushaliang group responds to an episodic thrust structural activities of foreland basin. Kapushaliang group is divided into three strata sequences (SQ1-SQ3), which correspond to different structural evolution stages of foreland basin. SQ1 is in the initial stage of thrust activities, and the lowstand systems tract of SQ1 is dominant. The northern and southern slopes of forebulge develop fan delta and braided river delta, whose sediments come from the denuded middle forebulge. The facies of backage is delta, whose provenance is from the backage and the hinterland of Tarim basin. SQ2 is in the enhanced stage of thrust activities, and the transgressive systems tract of SQ2 is relatively developed. The whole forebulge is under water, and its facies is mainly shore-shallow lacustrine. The backage develops meandering river delta. SQ3 is in the extenuation and stagnate stages, and the highstand systems tract of SQ3 plays a dominant role. The forebulge and backage become one unit, and the facies are mainly comprised of meandering river delta and braided river delta.

Key words: Shaya uplift; Kapushaliang group; sequence stratigraphy; sedimentary facies; sedimentary model

塔里木盆地白垩系的油气勘探主要集中在库车拗陷和沙雅隆起,库车拗陷研究较为成熟,并在油气勘探中取得了突破性的进展^[1-4]。沙雅隆起研究程度相对较低,一直以来,勘探及研究均集中在前中生界和三叠系^[5-7],而白垩系储层未引起足够的重视。中石油和中石化在沙雅隆起上的勘探区块交叉分布,研究程度不

收稿日期:2011-06-18

基金项目:国家“十一五”科技重大专项(2008ZX05002003)。

作者简介:王改云(1980—),女,山东梁山人,博士,主要从事层序地层学及储层地质学方面的研究。E-mail:gaiyun520@163.com。

均,如中石油在英买力、轮台等地区进行了较深入的研究^[8-9],中石化也对雅克拉地区进行了较为精细的刻画^[10-11],但对近年来频见油气显示的阿克库勒地区来说,沉积相研究基本没有开展。对整个沙雅隆起来说,对其层序地层、沉积演化的研究较少,对全区的有利区带并没有统一的认识。显然,这制约着下一步的油气勘探,认清该地区的层序地层及沉积特征迫在眉睫。

在燕山期挤压构造背景下,沙雅隆起的形成、构造样式及沉积充填等多与北部天山造山带的逆冲活动有关^[12],构造上处于库车前陆盆地的前隆带和隆后拗陷,前隆带位于雅克拉断凸,而隆后拗陷则指阿克库勒凸起、哈拉哈塘凹陷及草湖凹陷(图1、图2)。前人对库车前陆盆地逆冲带、前渊带开展了较为深入的研究^[13-16],但对于前隆带和隆后拗陷的研究较少。本研究通过对沙雅隆起白垩系卡普沙良群的精细解剖,揭示前隆带、隆后拗陷的层序特征及沉积演化,为有利区带的预测奠定理论基础。

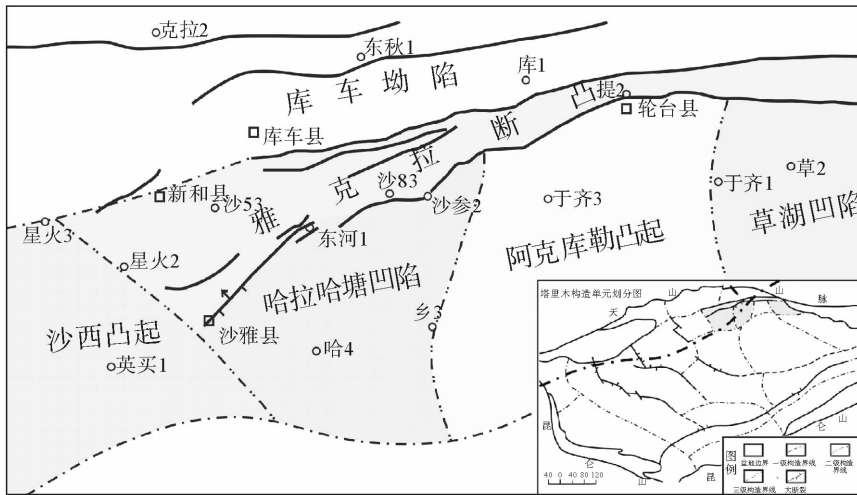


图1 沙雅隆起构造位置图

Fig. 1 The structural location of Shaya uplift

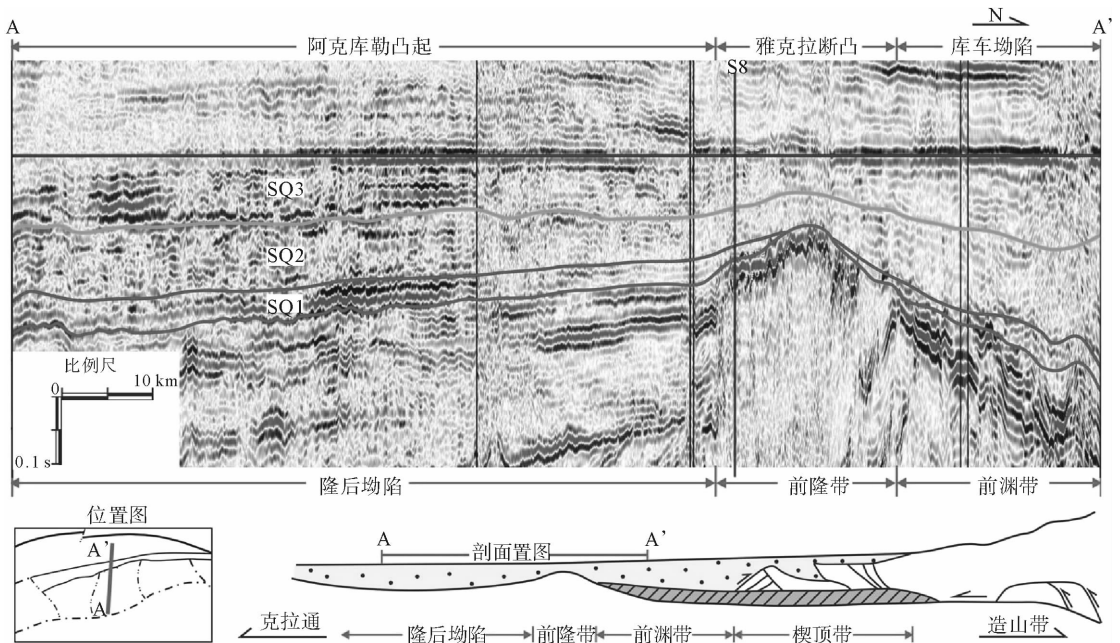


图2 沙雅隆起卡普沙良群地震解释剖面图(部分据文献[12],略修改)

Fig. 2 The seismic interpretation section of Kapushaliang group in Shaya uplift (partly modified from the literature[12])

1 层序地层格架的建立

沙雅隆起位于库车坳陷与顺托果勒低隆起—满回乐坳陷之间,包括沙西凸起、雅克拉断凸、阿克库勒凸起、哈拉哈塘凹陷、草湖凹陷及库尔勒鼻凸等三级构造单元(图 1),下白垩统为一套以棕红色、棕褐色为主的陆相碎屑岩系,厚度介于 100~1 500 m 之间,自下而上包括卡普沙良群和巴什基奇克组,其中卡普沙良群又细分为亚格列木组、舒善河组、巴西盖组。

利用沙雅隆起密集的钻测井资料和二维、三维地震资料,以高精度层序地层学为理论基础,通过各级层序界面的识别与追踪,井震结合建立了体系域级别的层序地层格架(图 2、图 3)。卡普沙良群包括 3 个三级层序(SQ1,SQ2,SQ3),并进一步细分为低位体系域(lowstand system tract,LST)、湖侵体系域(transgressive system tract,TST)和高位体系域(highstand syteam tract,HST)。

SQ1:由亚格列木组和舒善河组底部组成,该时期北部天山逆冲构造活动开始,前隆带中部遭受剥蚀,其两侧斜坡沉积了来自剥蚀区的粗碎屑沉积物。在隆后坳陷,LST1 相对发育,自然电位和电阻率曲线呈明显的箱形—钟形正旋回,以退积的叠加方式为主。TST1 地层较薄,为一套砂泥互层沉积。HST1 在钻井上呈向上砂岩粒度变粗、含量增加的反旋回,测井曲线表现为多个漏斗形—箱形叠加,且其包络线总体呈漏斗形,反映准层序组进积的叠加样式。

SQ2:位于舒善河组的中部,对应于构造活动强烈期,总体处于湖平面上升阶段,前隆带沉至水下,最显著的特征是 TST2 占主导地位,以泥夹砂为主,整体为一套滨浅湖沉积。LST2 和 HST2 地层相对较薄,主要为三角洲前缘沉积。

SQ3:包括舒善河组上部和巴西盖组,对应构造活动减弱期和停息期,以 HST3 的相对发育为特征。LST3 不发育,厚约 20~40 m,以退积叠加方式为主。HST3 测井曲线上见典型的反旋回特征,总体以进积叠加样式为主。

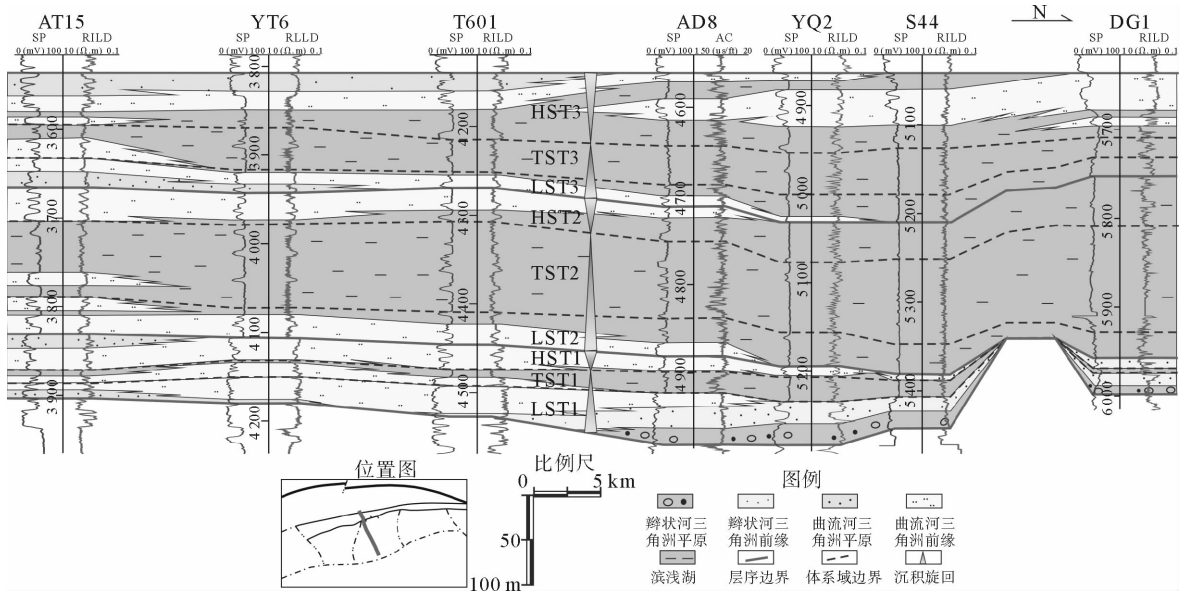


图 3 沙雅隆起卡普沙良群连井沉积相剖面图

Fig. 3 The sedimentary facies profile of Kapushaliang group in Shaya uplift

2 沉积相展布特征

2.1 沉积相类型

沙雅隆起卡普沙良群为一套干旱炎热气候条件下沉积的陆相红层,砂岩、泥岩的颜色总体以棕色、棕褐色、褐色为主,局部夹灰绿色、灰色。由于研究区水体浅,水体动荡,泥岩的颜色不能作为判别水上水下的标准,沉积相的划分需通过测井曲线的变化特征及垂向岩性组合共同确定。通过岩石相和测井相分析,认为研

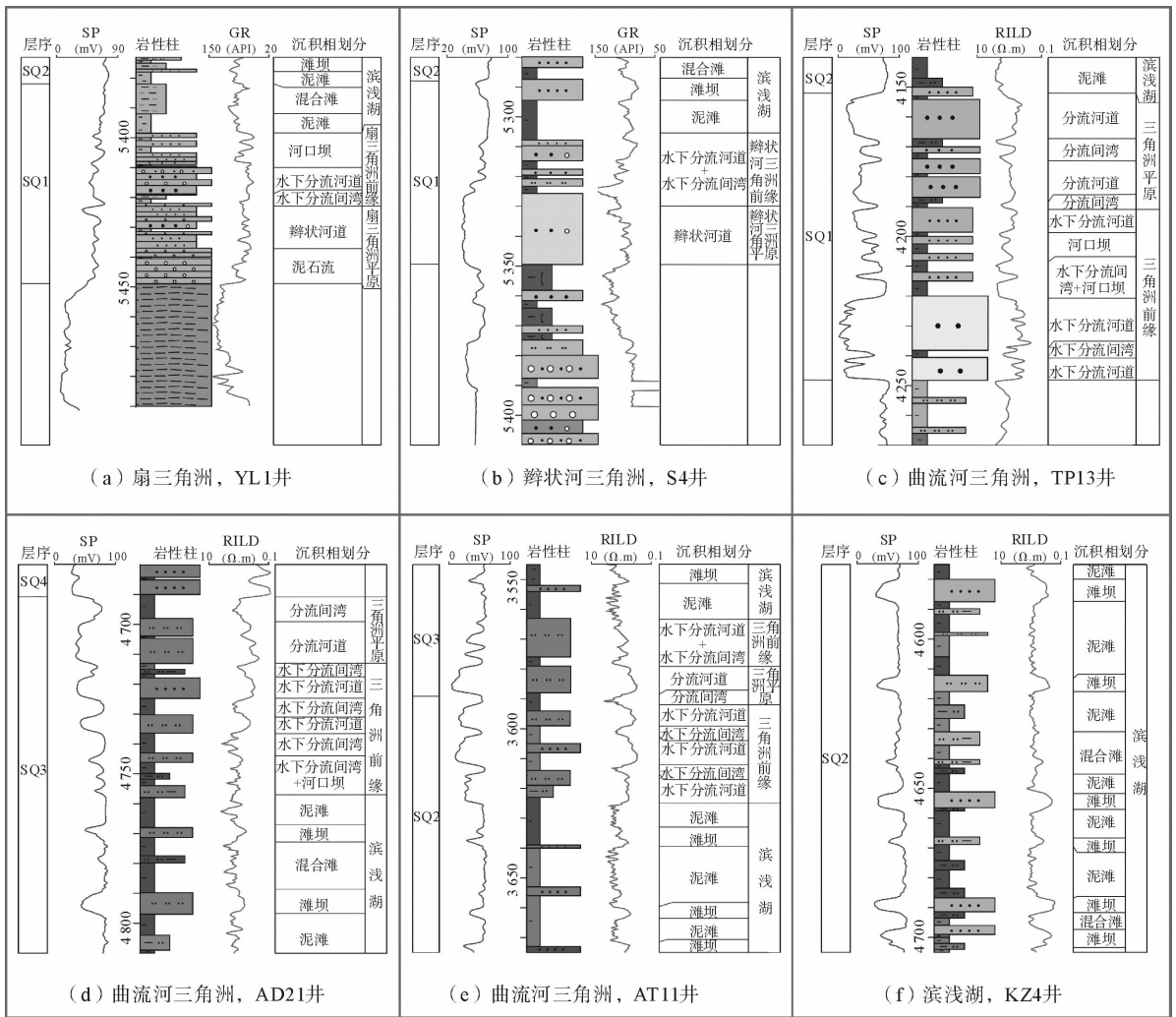
究区发育扇三角洲相、辫状河三角洲相、曲流河三角洲相及滨浅湖亚相。

扇三角洲相主要发育于雅克拉断凸东段,岩性以中砾岩、砂砾岩、含砾砂岩、砂岩夹薄层泥岩为主,表现为正旋回特征,单个旋回的测井曲线特征为齿化或弱齿化的箱形和钟形,曲线组合形态为多个钟形或箱形的垂向叠加(图4(a))。

辫状河三角洲相以雅克拉断凸中西段最为典型,由细砂、含砾砂岩、砂砾岩夹棕褐色、灰色泥岩组成,SP、GR曲线呈高幅齿化箱形—钟形(图4(b)),构成向上砂岩含量减小、泥质含量增多的退积沉积序列。

曲流河三角洲相在研究区各层序中均有分布,在高位体系域以进积型三角洲为主,测井曲线呈齿化漏斗形—高幅齿化箱形反旋回(图4(c)、图4(d)),反映三角洲由前缘至平原的进积沉积序列。在低位体系域则以退积型三角洲为主,测井曲线呈齿化箱形—钟形正旋回(图4(e)),显示三角洲由平原至前缘的退积沉积特征。

滨浅湖亚相在研究区广泛分布,以粉砂岩与泥岩薄互层或厚层泥岩夹粉、细砂岩为特征,测井曲线呈中—低幅齿状夹指状(图4(f))。



图例

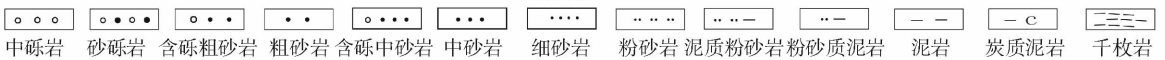


图4 沙雅隆起卡普沙良群典型沉积岩相电特征图

Fig. 4 The lithological and electrical characteristics of typical sedimentary facies of Kapushaliang group in Shaya uplift

2.2 沉积相分析

在单井相分析的基础上,结合骨干连井剖面相分析,以体系域为作图单元研究沙雅隆起卡普沙良群的沉积相平面展布特征。以 SQ1 为例进行说明。SQ1 沉积时期,随着北部天山造山带逆冲活动的开始,前隆带的中部遭受剥蚀,并向两侧提供小部分的物源。

LST1 沉积时期,砂岩百分含量整体较高,多大于 70%,发育扇三角洲、辫状河三角洲、曲流河三角洲等沉积相类型。在前隆带,中部遭受剥蚀,向南北两侧提供物源;东部地形高差大,近源剥蚀,发育扇三角洲沉积;西部则断裂活动性较弱,地形相对平缓,以辫状河三角洲沉积为主。在隆后拗陷,北部继承前隆带南斜坡的粗粒三角洲沉积,主要以辫状河三角洲前缘及扇三角洲前缘沉积为主。东部邻近库尔勒鼻凸剥蚀区,发育辫状河三角洲沉积;但在隆后拗陷的大部分区域,以来自西南部的曲流河三角洲沉积为主。该时期的三角洲均为退积型,显示水体不断加深的过程。由于物源供给充足,来自多个方向的多种类型的三角洲在隆后拗陷交汇。

TST1 沉积时期,前隆带地层厚度多小于 20 m,由于湖平面的快速上升,前隆带剥蚀区面积减小,且供源能力较弱,前隆带的南斜坡沉至水下,以滨浅湖沉积为主。在隆后拗陷,仅在阿克库勒地区发育来自西南部的曲流河三角洲前缘沉积,其余地区以滨浅湖沉积为主。

HST1 沉积时期,在前隆带南斜坡,主要发育扇三角洲前缘及辫状河三角洲前缘沉积。在隆后拗陷,东部物源区略向南迁移,发育自东向西的辫状河三角洲前缘沉积,在阿克库勒凸起及哈拉哈塘凹陷的东部,以曲流河三角洲沉积为主,但仅在托普台地区见三角洲平原沉积。西部沙西凸起为曲流河三角洲前缘沉积。该时期的三角洲基本为进积型三角洲,但各类三角洲并未交汇,说明物源供给较 LST1 有所减弱。

3 沉积演化模式

沙雅隆起位于库车前陆盆地的前隆带和隆后拗陷,其地层的分布、沉积特征受整个前陆盆地系统构造演

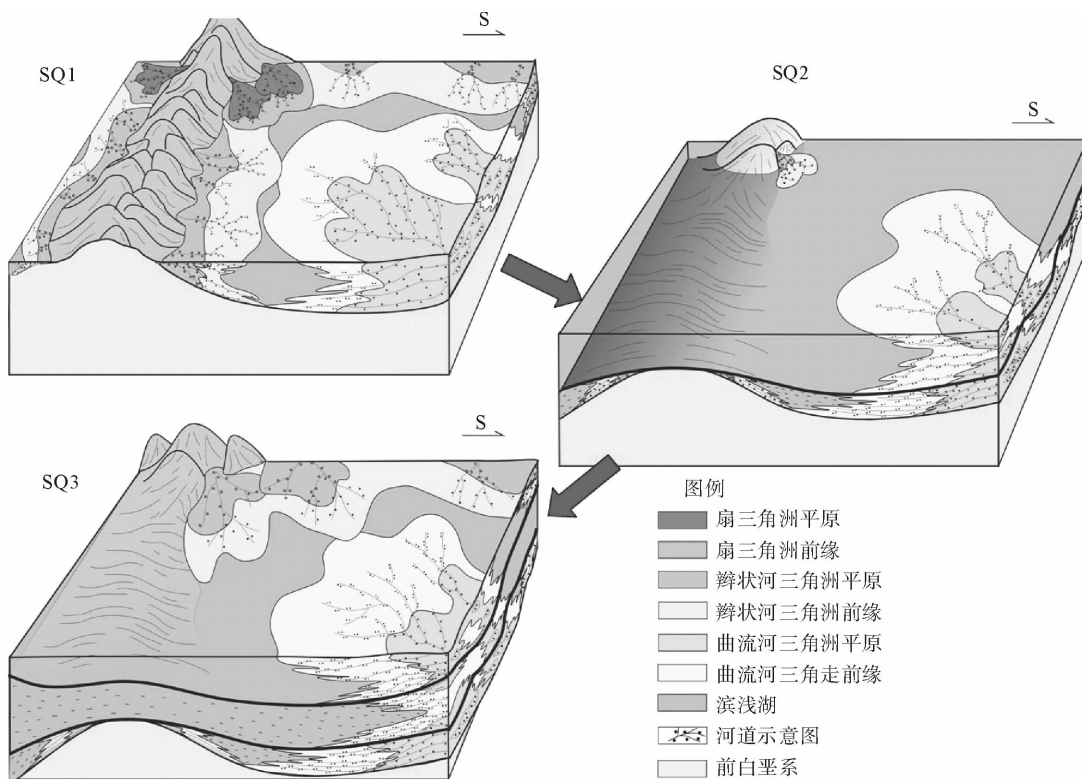


图 5 沙雅隆起卡普沙良群沉积演化模式图

Fig. 5 The sedimentary evolution model of Kapushaliang group in Shaya uplift

化的影响。卡普沙良群(SSQ1)响应于一幕完整的前陆盆地逆冲构造活动,其内细分的3个层序(SQ1, SQ2, SQ3)对应于不同的构造演化阶段。

SQ1 对应构造活动初始期,前隆带中部沿羊塔克—新和—提尔根一线存在低隆剥蚀区,前隆带两侧斜坡则沉积了来自该剥蚀区的粗粒三角洲沉积,前隆带东西端隆起的幅度不同,且其断裂活动性也存在差异。东部隆起幅度高,断裂活动性强,以扇三角洲沉积为主;西部隆起幅度相对较低,断裂活动性相对较弱,发育辫状河三角洲相。在隆后拗陷,来自西南部的物源控制了主体沉积格局,以曲流河三角洲沉积为主,东部为来自库尔勒鼻凸的辫状河三角洲前缘沉积。SQ2 对应构造活动增强期,前隆带继续隆升,但湖平面的上升速率大于隆升速率,前隆带全部沉降至水下,以滨浅湖沉积为主,仅在东部见辫状河三角洲前缘亚相。隆后拗陷仍以滨浅湖沉积为主,仅在西南部见曲流河三角洲前缘亚相。SQ3 对应构造活动减弱期和停息期,前隆带和隆后拗陷连为一体,研究区发育来自多个物源方向的三角洲沉积(图5)。

前隆带与隆后凹陷沉积特征的差异导致其成藏条件不同,应分别进行有利层位的优选及有利区带的预测。在前隆带,应主要以 SQ1 低位体系域的三角洲前缘砂体为目标,前隆带两侧斜坡为最易形成地层颠覆圈闭的有利地区。在隆后拗陷, SQ1 高位体系域及 SQ2 低位体系域的三角洲前缘砂体及滨浅湖滩坝砂体为有利相带。

4 结论

通过对塔里木盆地沙雅隆起白垩系卡普沙良群层序地层及沉积相的综合研究,得出以下结论:

1) 沙雅隆起卡普沙良群对应于一幕完整的逆冲构造活动,包含的3个层序处于前陆盆地的不同演化阶段;SQ1 位于逆冲构造活动初始期,以低位体系域占主导;SQ2 处于逆冲构造活动增强期,湖侵体系域相对较发育;SQ3 则位于逆冲构造活动减弱期和停滞期,以高位体系域最为发育,见典型的进积叠加样式。

2) 沙雅隆起卡普沙良群的沉积相演化规律取决于古地貌、构造运动及物源供给。SQ1 沉积初期,前隆带中部遭受剥蚀,前隆带的两侧斜坡则沉积了来自该剥蚀区的扇三角洲和辫状河三角洲相。在隆后拗陷,受多方向物源的影响,沉积了多种类型的三角洲相。SQ2 沉积时期,前隆带为水下古隆起,沉积了厚层的滨浅湖泥岩,隆后拗陷则主要发育来自西南部的曲流河三角洲沉积。SQ3 沉积时期,响应于北部古天山逆冲构造活动的减弱和停息期,前隆带与隆后拗陷成为一体,发育多个方向的三角洲沉积。

参考文献:

- [1] 孙龙德. 塔里木盆地库车拗陷与塔西南拗陷早白垩世沉积相与油气勘探[J]. 古地理学报, 2004, 6(2): 252-260.
SUN Longde. Sedimentary facies and exploration of petroleum of the early Cretaceous in Kuqa depression and southwest depression in Tarim basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2004, 6(2): 252-260.
- [2] 严德天, 王华, 王家豪, 等. 库车拗陷东部白垩系沉积体系分析及有利油气勘探区带预测[J]. 地质学报, 2006, 80(3): 382-389.
YAN Detian, WANG Hua, WANG Jiahao, et al. Analysis of depositional systems and prediction of favorable regions of the Cretaceous in the east part of the Kuqa depression[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(3): 382-389.
- [3] 朱如凯, 高志勇, 郭宏莉, 等. 塔里木盆地北部白垩系-古近系不同段、带沉积体系比较研究[J]. 沉积学报, 2007, 25(3): 325-331.
ZHU Rukai, GAO Zhiyong, GUO Hongli, et al. Comparative of different segmentations and zones during Cretaceous and Paleogene in north Tarim basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(3): 325-331.
- [4] 林畅松, 王清华, 肖建新. 库车拗陷白垩纪沉积层序构成及充填响应模式[J]. 中国科学(D辑), 2004, 34(增1): 74-82.
LIN Changsong, WANG Qinghua, XIAO Jianxin, et al. Depositional sequence architecture and filling response model of the Cretaceous in the Kuqa depression, Tarim basin[J]. Science in China: Ser. D, 2004, 34(S1): 74-82.
- [5] 旷理雄, 郭建华, 黄太柱. 塔里木盆地阿克库勒凸起于奇地区哈拉哈塘组油气成藏机制[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2008, 38(2): 249-254.
KUANG Lixiong, GUO Jianhua, HUANG Taizhu. Forming mechanism of hydrocarbon reservoirs of Halahatang formation in Yuqi block in Akekule arch, Tarim basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2008, 38(2): 249-254.

- [6]赵迎月,顾汉明,蔡成国.塔河油田三叠系砂岩储层地震正响应特征[J].天然气工业,2008,28(6):52-55.
ZHAO Yingyue, GU Hanming, CAI Chengguo. Characteristics of seismic response to Triassic sandstone reservoirs in the Tahe oilfield[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(6): 52-55.
- [7]朱美衡,郭建华,石媛媛,等.塔河地区石炭系层序地层及与邻区的对比[J].石油勘探与开发,2005,32(3):23-26.
ZHU Meiheng, GUO Jianhua, SHI Yuanyuan, et al. Carboniferous sequence stratigraphic correlation of Tahe and adjacent areas, Tarim Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(3): 23-26.
- [8]刘勇,王振宇,马青.英买力地区白垩系沉积特征及沉积相类型[J].新疆石油地质,2007,28(1):20-24.
LIU Yong, WANG Zhenyu, MA Qing. Characteristics and types of sedimentary facies of Cretaceous in Yinmaili area[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 28(1): 20-24.
- [9]赵敖山,丁勇,赵胜利.塔北沙西—轮台地区亚格列木组砂岩沉积相及储层评价[J].新疆地质,1999,17(3):263-269.
ZHAO Aoshan, DING Yong, ZHAO Shengli. Sediment facies and reservoir appreciation of sandstone of Yageliemu formation from Shaxi-Luntai zone of northern Tarim basin[J]. Xinjiang Geology, 1999, 17(3): 263-269.
- [10]徐才文,李宗杰,杨子川.天然气储层预测技术及应用:以雅克拉地区卡普沙良群底块砂岩储层为例[J].勘探地球物理进展,2008,31(5):392-397.
XU Caiwen, LI Zongjie, YANG Zichuan. Techniques and application of gas reservoir prediction: Taking the sandstone reservoir of Kapushaliang group in Yakela area as an example[J]. Progress in Exploration Geophysics, 2008, 31(5): 392-397.
- [11]何发岐,梅廉夫,费琪,等.前陆盆地前缘隆起带圈闭的形成及其含油气性:以塔里木盆地沙雅隆起为例[J].石油实验地质,2006,28(5):418-422.
HE Faqi, MEI Lianfu, FEI Qi, et al. The formation and petroleum-bearing capacity of traps in the frontal uplift of the foreland basin: Taking the Shaya uplift of the Tarim basin as an example[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2006, 28(5): 418-422.
- [12]王家豪,王华,赵忠新,等.库车前陆盆地东部白垩系:古近系层序地层及其构造响应研究[M].武汉:中国地质大学出版社,2006.
- [13]严德天,王华,王家豪,等.库车前陆盆地白垩系层序地层样式及控制因素分析[J].沉积学报,2006,24(6):841-848.
YAN Detian, WANG Hua, WANG Jiahao, et al. Analysis of the Cretaceous sequence-stratigraphic pattern and controlling factors in Kuqa foreland basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(6): 841-848.
- [14]王家豪,王华,陈红汉,等.库车前陆盆地前渊带层序地层分析:以白垩系卡普沙良群为例[J].地质科技情报,2005,24(1):25-29.
WANG Jiahao, WANG Hua, CHEN Honghan, et al. Sequence stratigraphy of the foredeep in Kuqa foreland basin, Xinjiang: An example from the Cretaceous Kapushaliang group[J]. Geological Science and Technology Information, 2005, 24(1): 25-29.
- [15]余一欣,汤良杰,杨文静,等.库车前陆褶皱—冲断带前缘盐构造分段差异变形特征[J].地质学报,2007,81(2):166-173.
YU Yixin, TANG Liangjie, YANG Wenjing, et al. Structural segmentation of salt structures in the frontal ranges of the Kuqa foreland fold and thrust belt, northern Tarim basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(2): 166-173.
- [16]王家豪,王华,陈红汉,等.一幕完整的前陆盆地构造演化的地层记录:库车坳陷下白垩统[J].地质科技情报,2006,25(6):31-36.
WANG Jiahao, WANG Hua, CHEN Honghan, et al. Stratigraphic record in a whole episode of foreland basin tectonic evolution: The lower Cretaceous in Kuqa depression[J]. Geological Science and Technology Information, 2006, 25(6): 31-36.