

准噶尔盆地滴南凸起白垩系清水河组 层序地层划分及沉积特征

樊奇¹,朱爱国²,田继军^{1*},李林³

(1.新疆大学地质与矿业工程学院,新疆乌鲁木齐830047; 2.新疆石油学院勘探系,新疆乌鲁木齐830000; 3.中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院,新疆乌鲁木齐830011)

摘要:准噶尔盆地滴南凸起是陆东地区重要的油气聚集区带,其油气源条件优越,储盖配置良好,已于石炭系—白垩系多个层系获得工业油气流,但对其白垩系的研究尚欠深入。为此,以层序地层学理论为指导,基于地震资料和60口探井的录井、测井资料,对滴南凸起白垩系清水河组进行详细的地层对比及划分,进而分析其层序地层特征、沉积特征及演化。研究表明,研究区清水河组自下而上可划分为清一段、清二段、清三段、清四段和清五段,且清一段—清四段发育的底砾岩层具有穿时的现象;清水河组可划分为1个三级层序,由下至上发育的低位体系域、湖侵体系域和高位体系域构成了一套完整的湖平面变化周期;在平面上可识别出辫状河三角洲相和湖泊相,以及物源方向由西北至东部的变化。研究区辫状河三角洲相良好的储集条件与底砾岩层的穿时分布为地层和岩性油气藏的形成提供了有利条件,沿清一段—清四段4条超覆尖灭带分布的底砾岩层可成为下步油气勘探的有利目标。

关键词:地层油气藏 岩性油气藏 层序地层特征 沉积演化 清水河组 滴南凸起

中图分类号:TE111.3

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2015)04-0038-06

Sequence stratigraphic classification and sedimentary characteristics of Cretaceous Qingshuihe Formation in the Dinan uplift of Junggar Basin

Fan Qi¹, Zhu Aiguo², Tian Jijun¹, Li Lin³

(1. College of Geology and Mining Engineering, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang, 830047, China; 2. Department of Exploration, Xinjiang Petroleum Institute, Urumqi, Xinjiang, 830000, China; 3. Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Urumqi, Xinjiang, 830011, China)

Abstract: Dinan uplift of Junggar Basin is an important hydrocarbon accumulation zone in Ludong area with better hydrocarbon source and good reservoir-cap configuration, where industrial oil flow has been discovered in several strata from Carboniferous to Cretaceous. But the Cretaceous was lack of systematic research. Cretaceous Qingshuihe Formation has been correlated and divided in detail based on seismic data and logging data from 60 wells guided by sequence stratigraphic theory, and then its sequency stratigraphic characteristics, sedimentary characteristics and evolution were analyzed. The research results show that the Qingshuihe Formation can be divided into K_{1q1} , K_{1q2} , K_{1q3} , K_{1q4} and K_{1q5} from bottom to top, and basal conglomerate strata in the K_{1q1} - K_{1q4} distributed diachronously. The Qingshuihe Formation was identified as a third order sequence which consists of LST, TST and HST from bottom to top and forming a complete set of lake level change cycle. Braided river delta facies and lacustrine facies were identified and provenance changed from north-west to south in a plane. Good reservoir conditions in the braided river delta and diachronous distribution of basal conglomerate

收稿日期:2015-05-04。

作者简介:樊奇(1989—),男,新疆乌鲁木齐人,在读硕士研究生,从事沉积及储层方面的研究。联系电话:15999115764, E-mail: xjufq@sina.com。

*通讯作者:田继军(1978—),男,山东泰安人,副教授,博士。联系电话:13319896996, E-mail: tianjijun@xju.edu.cn。

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金项目“准噶尔盆地南缘二叠系芦苇沟组岩相古地理特征与油页岩资源潜力评价”(2011211B02)。

provide favorable conditions for hydrocarbon accumulating in stratigraphic and lithologic reservoirs. The basal conglomerate distributed along four overlap pinching out belts in the K₁q₁ to K₁q₄ could be regarded as next exploration targets.

Key words: stratigraphic reservoir; lithological reservoir; sequence stratigraphic characteristics; sedimentary evolution; Qingshuihe Formation; Dinan uplift

滴南凸起为准噶尔盆地陆梁隆起上东西展布的西倾大型复式鼻隆构造,北部为滴水泉凹陷,南临东道海子凹陷,东为克拉美丽山西延,西至滴西构造群西段,其南、北两凹陷夹一凸起的构造格局为油气运聚和赋存提供了良好的条件^[1],是陆东地区重要的油气聚集区带。王金秀等对滴南凸起石炭系火山岩的岩相、储层特征及气藏分布规律进行了讨论^[2],石新朴等对滴南凸起二叠系和侏罗系的层序地层特征进行了研究^[3-4];但针对滴南凸起白垩系的研究程度相对较低,尤其是缺乏对白垩系清水河组底砾岩层的系统研究;而方世虎等认为准噶尔盆地白垩系底砾岩与隐蔽性圈闭的关系密切,具有重要的构造意义和勘探指向^[5-9]。为此,以层序地层学理论为指导,综合地震资料和60口探井的录井、测井资料,对滴南凸起白垩系清水河组进行层序地层对比及划分,明确其层序地层特征、沉积特征及演化,以期为研究区下步的油气勘探提供指导和借鉴。

1 层序地层划分及特征

1.1 地层格架

综合考虑构造、沉积等因素,选取滴南凸起7条主干剖面进行层序地层划分及对比^[10-12]。将研究区清水河组自下而上划分为清一段、清二段、清三段、清四段和清五段。根据 Vail 层序地层学理论,将清水河组划分为1个三级层序,并在层序内识别出高位体系域、湖侵体系域和低位体系域。研究表明,其清一段—清四段自西向东超覆尖灭,仅清五段全区分布;缺失侏罗系齐古组和喀拉扎组,清水河组发育的底砾岩层及钻井和测井资料证实,其侏罗系与白垩系之间呈角度不整合接触关系(图1)。

1.2 界面识别特征

滴南凸起清水河组体系域界面的识别特征^[13](图1):①低位体系域。区域性分布的底砾岩层为低位体系域的底界,其岩性为灰色砂砾岩或中砂

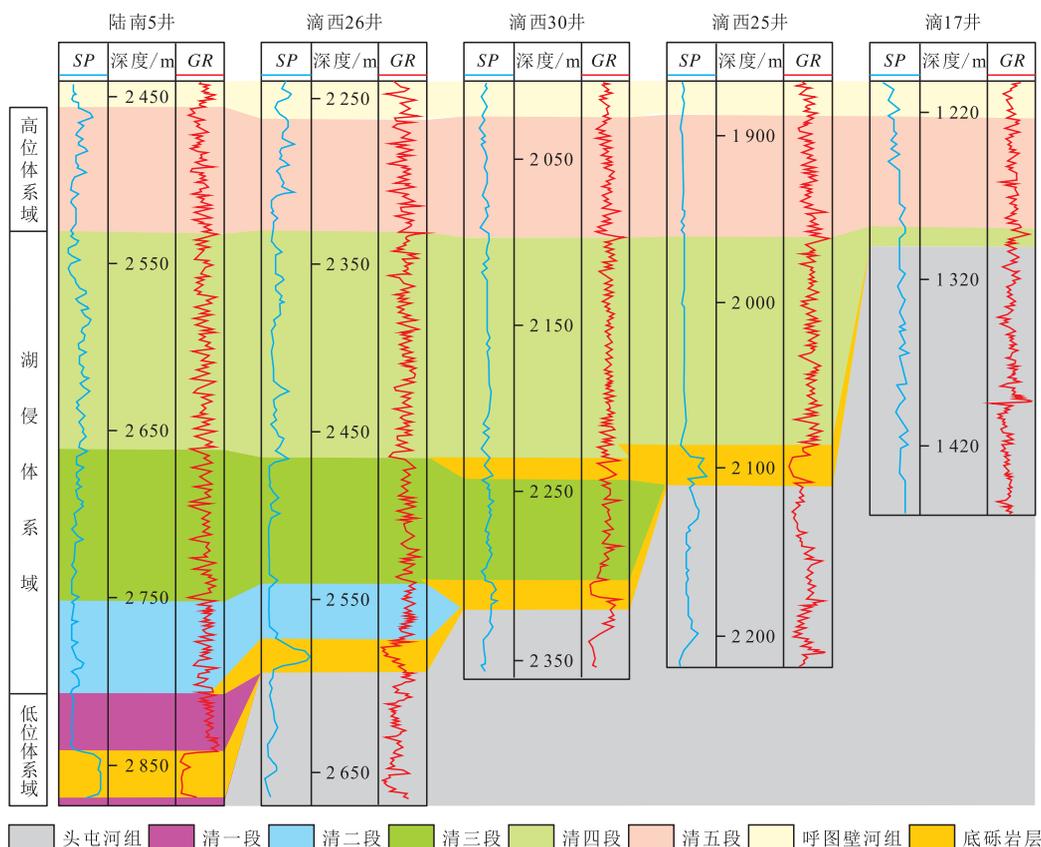


图1 滴南凸起清水河组层序地层划分及对比

Fig.1 Classification, correlation of Qingshuihe Formation in Dinan uplift

岩,测井响应表现为低自然伽马、高自然电位的交叉箱形特征,且顶、底部有突变,易于识别。②最大湖泛面。其为湖侵体系域的顶界,岩性表现为泥质含量较高,多伴有海绿石、磷灰石等自生矿物和纹层状页岩等,测井响应表现为高自然伽马、低自然电位的交错尖峰特征。③湖侵体系域。随着湖水侵入,盆地内沉积物的泥质含量不断增加,测井响应表现为自然伽马呈长钟形或多个钟形的叠加,具有正旋回特征。④高位体系域。在地层岩性上表现为砂、页岩交互层状,粒度整体向上变粗,测井曲线表现为漏斗形的反旋回特征。

1.3 层序地层特征

研究区清水河组2次水进过程的沉积响应都以砂砾—中砂级粗粒沉积物为标志,1次水退过程的沉积响应以粉砂级细粒沉积物为标志,由下至上构成一期完整的湖平面变化过程。其中,低位体系域在岩性上表现为明显区别于上、下地层的中砂岩和砂砾岩,反映出沉积物近物源、少搬运、快速沉降的特点,地震剖面上表现为加积和进积的特征。湖侵体系域在地震剖面上表现为多个退积准层序组的特征,其准层序向陆地方向上超于层序界面,向盆地方向下超于初次湖泛面,具有向盆地方向逐渐减薄的特点。高位体系域在水退过程中,以向盆地方向呈反“S”形加积为特点,表现出高位体系域发育早期特征,晚期以向盆地方向倾斜的进积反射结构为主,反映出高位体系域湖平面升降的动态变化。

陆东地区广泛分布的白垩系底砾岩层不仅是清水河组三级层序界面的识别标志,且从油气勘探角度来看,极有可能形成地层油气藏。研究区清一段—清四段底砾岩层在岩性上均表现为粒度变粗、泥质含量减少的规律,但各段底砾岩层的上覆地层颜色存在差异,依次表现为灰色与灰绿色互层、棕褐色、灰色与棕褐色互层以及棕褐色;同时在东西向地震剖面上,最大湖泛面的地震相位平稳上倾,与底砾岩层的地震相位构成楔状并逐层超覆尖灭,且各段底砾岩层的波阻抗特征存在差异。综合层序地层、测井和地震资料分析结果,认为清水河组底砾岩层具有穿时的分布特征,即清水河组底砾岩层分别属于清一段—清四段。

2 沉积特征及演化

2.1 沉积特征

2.1.1 古地理条件

准噶尔盆地白垩系清水河组向北和北东方向

超覆于侏罗系剥蚀面之上。虽然在早白垩世燕山运动的强度已减弱,但其形成的断裂仍可能对油气成藏造成影响。在清水河组沉积时期,滴南凸起以来自哈拉阿拉特山和扎伊尔山的物源体系为主,来自克拉美丽山的东部物源体系覆盖整个陆东地区。早侏罗世—中侏罗世早期,研究区的气候温暖湿润、植被繁盛,为重要聚煤期;中侏罗世晚期之后,气候逐渐干热、植物群整体衰落;晚侏罗世—白垩纪,研究区已基本处于亚热带半干旱—干旱气候区^[14]。

2.1.2 岩相特征

滴南凸起清水河组的岩石类型主要包括砾岩类、砂岩类、泥岩类以及其间的过渡类型。沉积构造丰富,尤其是辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘和滨浅湖亚相的沉积构造十分发育,如交错层理、透镜状层理、冲刷面、韵律层理、水平层理和平行层理等(表1)。

表1 滴南凸起清水河组沉积特征
Table1 Sedimentary characteristics of Qingshuihe Formation in Dinan uplift

岩石类型	岩相	沉积构造	成因
砾岩类	含砂砾岩, 颗粒点一线接触,	中型交错层理、块状构造、粒序层理	为河道能量降低、砂体迁移及重力分异的产物
	含砾粗砂岩, 偶夹砾石层	槽状交错层理、透镜状层理	低流态, 为辫状水道充填物, 受停滞水作用影响大, 砂质供应不足
	中—细粒砂岩	槽状交错层理 平行层理	低流态, 为辫状水道充填物 形成于急流及高能环境, 例如河道、湖岸沉积
砂岩类	细—粗粒砂岩	冲刷面、泥砾块状层理	水道冲刷充填 低流态
	粉—中粒砂岩	波纹交错层理、攀升层理、变形层理	悬浮物供给充分、沉积物周期性快速堆积、水体流速减缓
	粉砂岩、细砂岩和泥岩不同程度互层	水平层理、韵律层理	水动力稳定的慢速沉积, 涨潮和落潮时水体活动或滞留沉积
泥岩类	灰黑、灰绿、棕褐色泥岩	块状或页理状构造	低能环境, 例如泛滥平原、滨浅湖沉积

2.1.3 沉积相标志

沉积岩的结构和构造记录了沉积物形成时的水动力条件。物质组成和生物学特征可以反映沉积环境的物理化学条件, 不仅是沉积相的重要识别标志, 也是对地层格架划分结果的验证。以研究区东道3井、东道4井、滴西2井和陆南9井作为标准井, 对滴南凸起的沉积相标志进行研究。

岩石颜色 研究区东道3井取心资料自下而上可描述为灰褐色中砂岩、灰褐色细砂岩、棕褐色泥质粉砂岩和深灰色泥岩,东道4井取心资料自下而上可描述为灰色和灰绿色中砂岩、绿灰色泥质砂岩、灰色泥质粉砂岩与灰色泥岩互层、灰色粉细砂岩。砂层组的整体磨圆和分选为中等—好,杂基含量低,反映为弱还原环境的沉积特点。

粒度特征 研究区选取的10个采样点粒度概率累积曲线多为二段式,仅1个采样点粒度概率累积曲线为三段式。其悬浮总体发育,含量接近10%;悬浮总体与跳跃总体的截点在 2.5ϕ , 3ϕ 和 4ϕ 附近;跳跃总体发育,含量高且分选较好,斜率约为 60° ,滚动组分不发育,符合牵引流沉积物特征。

沉积构造及韵律 波状层理为砂泥复合型沉积的典型代表,表明水流停滞与活动交替出现,是水体振荡或单向水流造成的,主要发育于辫状河三角洲前缘亚相。水平层理是在稳定水动力条件下,悬浮物慢速沉积的结果;其岩性为泥岩和细粉砂岩,一般在浅湖深水区或辫状河三角洲的越岸沉积中出现。透镜状层理为过渡性层理,为砂泥复合型沉积的代表,是辫状河三角洲平原与前缘亚相的典型产物,为水下河道频繁改道,由河道间沉积被侵蚀而形成,具有物源体系交替出现的特征。楔状交错层理多发育于粗粒碎屑岩,为异向流动的产物,分布于湖泊浅水地带和辫状河道、水下分流河道。整体上,受中期沉积旋回的控制和影响,滴南凸起清一段—清四段表现为湖侵的正韵律特征,清五段表现为水退的反韵律特征。

2.1.4 沉积相特征

综合分析滴南凸起的取心井资料、古地理条件以及60口探井的钻、测井资料,认为其清水河组主要发育辫状河三角洲相和湖泊相^[12-16],包括滨浅湖、辫状河三角洲平原和辫状河三角洲前缘亚相(图2)。

滨浅湖亚相 滨浅湖亚相在清二段—清五段广泛发育,纵向上主要分布于底砾岩层之上;其碎屑颗粒的分选磨圆较好,岩性为灰色—灰绿色泥岩、粉砂质泥岩以及泥岩和粉砂岩不同程度的互层;主要发育滩坝、砂坝和滨浅湖泥岩微相,多发育水平层理、板状斜纹层以及生物扰动构造。

辫状河三角洲平原亚相 辫状河三角洲平原亚相在清一段—清四段临近超覆尖灭带附近普遍发育,纵向上主要分布于清水河组各段底砾岩层上部;其中,分流河道微相较发育,沼泽微相少量发育,岩性为含砾砂岩或中砂岩,成分成熟度和结构

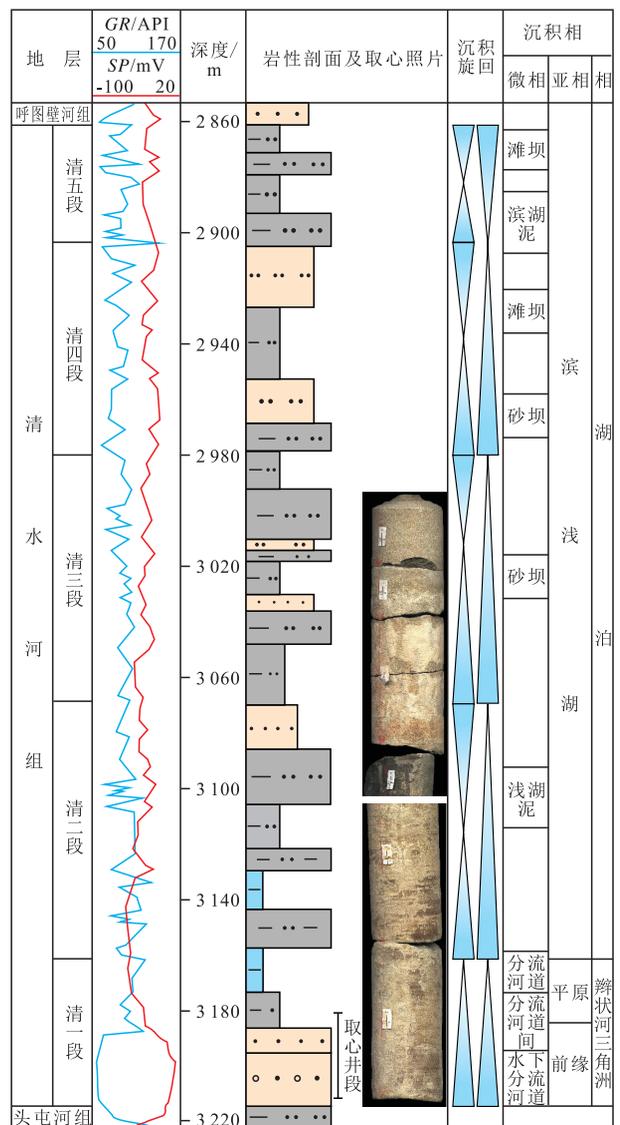


图2 滴南凸起东道4井白垩系清水河组沉积相分析
Fig.2 Sedimentary facies analysis on Well Dongdao4 of Qingshuihe Formation in Dinan uplift

成熟度低,发育透镜状层理、波状交错层理、楔状交错层理和平行层理等牵引流构造,反映出受湍急洪水控制、季节性、粗碎屑以及近源的沉积特征。

辫状河三角洲前缘亚相 辫状河三角洲前缘亚相发育于清一段—清四段的辫状河三角洲平原亚相与滨浅湖亚相的过渡区域,纵向上分布于清水河组各段底砾岩层的下部;岩性为砂砾岩或含砾砂岩,颗粒支撑且泥质含量少,底部具有明显的冲刷界面,多见透镜状层理,缺少动植物化石;发育水下分流河道、分流河道间及河口砂坝微相,由于漫越能量减缓,水下分流河道与分流河道间微相相比,其岩石粒度变细,还原程度增强,发育较多的灰色交错层理;同时,水下分流河道微相频繁改道,其内部具正粒序特征、外部呈交错叠置的层状砂体多具有明显的透镜状层理。

2.2 沉积演化

综合沉积与构造史分析,认为滴南凸起清水河组的沉积演化表现为湖平面的多期次升降以及沉积格局的继承性发育(图3)。研究区清一段沉积时期的物源主要来自西北部扎伊尔山和哈特阿拉特山,自清二段沉积时期,物源方向变为东北部,至清三段沉积时期已明显变为东部的克拉美丽山物源体系。滴南凸起的沉积演化可以概括为:清一段沉积时期为湖盆扩张的准备期,主要发育辫状河三角洲平原亚相和辫状河三角洲前缘亚相,滨浅湖亚相不发育;清二段—清四段沉积时期,随着湖盆扩张及物源体系的转变,主要发育滨浅湖亚相、辫状河三角洲平原亚相和辫状河三角洲前缘亚相;至清五段沉积时期,研究区被湖水大面积覆盖,已达到湖侵的峰值,普遍发育湖泊相。

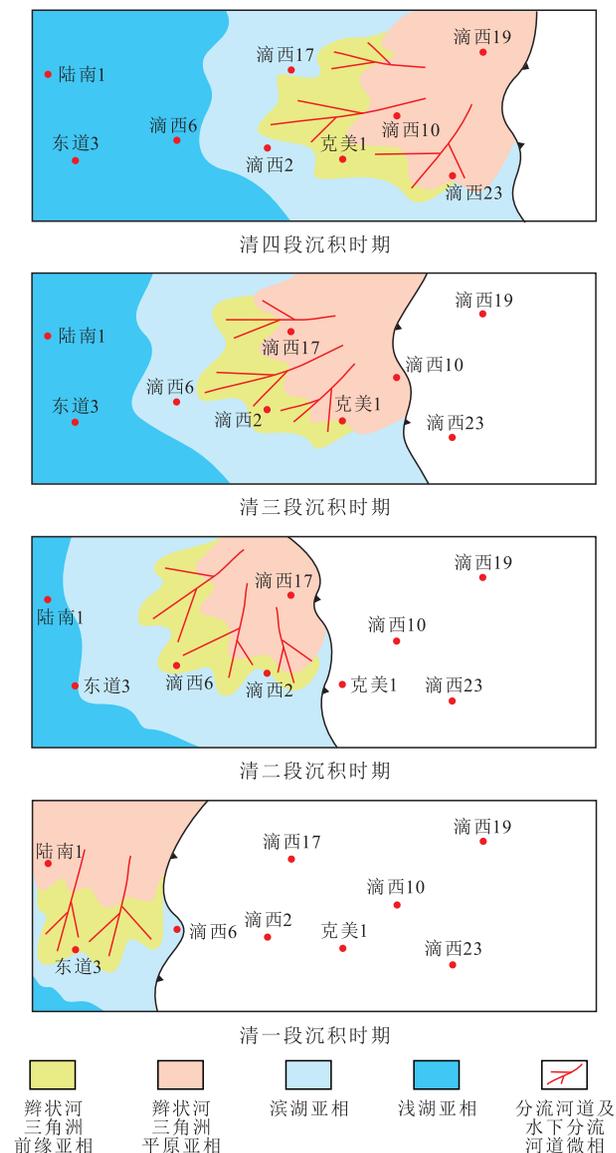


图3 滴南凸起清一段—清四段沉积时期沉积演化

Fig.3 Evolution of 1-4 members in the Qingshuihe Formation, Dinan uplift

3 油气成藏条件

陆东地区白垩系底部发育的区域性底砾岩层及滴南凸起清水河组发育的辫状河三角洲砂体为岩性和地层油气藏的形成提供了优越条件^[5,9,17]。综合层序地层、沉积特征及演化分析,认为滴南凸起的油气源来自滴水泉凹陷和东道海子凹陷的石炭系和二叠系,且石炭系断裂发育,其油气来源和输导体系具有优势;研究区下白垩统吐谷鲁群泥岩层发育,与物性较好的清水河组砂岩、砂砾岩及粉砂岩构成较好的生储盖配置;尤其在清一段—清四段超覆尖灭带附近的底砾岩层,其具有穿时的分布特征扩大了圈闭油气充注的时间范围;研究区清水河组底砾岩层与非渗透层的良好匹配极有可能形成砂岩透镜体油气藏、地层超覆油气藏、地层不整合遮挡油气藏和岩性上倾尖灭油气藏。滴南凸起陆南6、滴西9和滴西12井已在清水河组试油获得突破,证实清水河组具有较大的油气勘探潜力。

4 结论

滴南凸起白垩系清水河组与下伏侏罗系头屯河组呈角度不整合接触,表明研究区在侏罗系沉积末期发生较大型的构造运动,致使头屯河组部分地层遭受剥蚀,缺失齐古组和喀拉扎组。根据层序地层学原理,可将研究区清水河组划分为一个三级层序;其中清一段为低位体系域,清二段—清四段为湖侵体系域,清五段为高位体系域;清一段—清四段由西向东逐层超覆尖灭,清五段全区分布;清水河组发育的底砾岩层具有穿时的分布特征,分属于清一段—清四段。滴南凸起清水河组的沉积演化表现为湖盆扩张的过程,可识别出辫状河三角洲相和湖泊相以及相应的亚相类型,其物源体系由西北部的扎伊尔山、哈特阿拉特山逐渐变为东部的克拉美丽山。研究区清一段—清四段发育的辫状河三角洲砂体与非渗透层的良好匹配,有利于在清一段—清四段底砾岩层形成岩性和地层油气藏,为下步油气勘探的有利目标。

参考文献:

[1] 吴晓智,丁靖,夏兰,等.准噶尔盆地陆梁隆起带构造演化特征与油气聚集[J].新疆石油地质,2012,33(3):277-279.
Wu Xiaozhi, Ding Jing, Xia Lan, et al. Structural evolution and hydrocarbon accumulation in Luliang uplift in Junggar basin [J].

- Xinjiang Petroleum Geology, 2012, 33(3): 277-279.
- [2] 王金秀, 杨明慧, 王东良, 等. 准噶尔盆地陆东-五彩湾地区石炭系火山机构类型及其油气勘探[J]. 石油天然气学报, 2009, 31(5): 27-31.
- Wang Jinxiu, Yang Minghui, Wang Dongliang, et al. Volcano types of carboniferous and implication of hydrocarbon exploration in Ludong-Wucaiwai Region of Junggar Basin [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009, 31(5): 27-31.
- [3] 石新朴. 准噶尔盆地滴南凸起二叠系梧桐沟组层序地层与岩性油气藏勘探[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2010.
- Shi Xinpu. The study on sequence stratigraphy and lithologic-oil-gas reservoir exploration for the Wutonggou formation in Dinan Uplift of Junggar Basin [D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2010.
- [4] 王濮, 刘志峰, 李惠莉, 等. 准噶尔盆地滴南凸起侏罗系层序地层学研究[J]. 石油天然气学报, 2008, 30(3): 50-56.
- Wang Pu, Liu Zhifeng, Li Huili, et al. Study on the sequence stratigraphy of Dinan uplift in Junggar basin [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(3): 50-56.
- [5] 方世虎, 宋岩, 贾承造, 等. 准噶尔盆地白垩系底砾岩与油气成藏的关系[J]. 天然气工业, 2006, 26(5): 13-16.
- Fang Shihu, Song Yan, Jia Chengzao, et al. Relationship between Cretaceous basal conglomerate and oil/gas reservoiring in the Junggar basin [J]. Natural Gas Industry, 2006, 26(5): 13-16.
- [6] 周宗明, 于炳松, 张聪, 等. 辽河滩海地区西部凹陷古近系岩性和地层圈闭形成条件与发育模式[J]. 油气地质与采收率, 2011, 18(1): 11-14.
- Zhou Zongming, Yu Bingsong, Zhang Cong, et al. Forming conditions and development model of Paleogene lithologic and stratigraphic traps in western beach area of Liaohe depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2011, 18(1): 11-14.
- [7] David A Eberth, Donald B Brinkman, Chen Peiji, et al. Sequence stratigraphy, paleoclimate patterns, and vertebrate fossil preservation in Jurassic Cretaceous strata of the Junggar Basin [J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 2001, 38(12): 1 627-1 644.
- [8] 陈世加, 展燕, 路俊刚, 等. 准噶尔盆地腹部石南31井白垩系油气成因与运移方向[J]. 石油实验地质, 2010, 32(4): 382-386.
- Chen Shijia, Zhan Yan, Lu Jungang, et al. Cretaceous hydrocarbon formation and migration direction in well Shinan31 in the hinterland of Junggar Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2010, 32(4): 382-386.
- [9] 牟琨, 云金表. 准噶尔盆地腹部隐蔽油气藏类型与成藏主控因素[J]. 石油实验地质, 2010, 32(2): 154-158.
- Mu Kun, Yun Jinbiao. Formation of the subtle reservoirs and their exploration in the central Junggar Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2010, 32(2): 154-158.
- [10] 张亚雄, 朱筱敏, 张功成, 等. 琼东南盆地古近系陵水组层序地层特征[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(5): 33-37.
- Zhang Yaxiong, Zhu Xiaomin, Zhang Gongcheng, et al. Sequence characteristics of Paleocene Lingshui formation in Qiongdongnan basin, south China Sea [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2013, 20(5): 33-37.
- [11] 王玉珍, 康永尚, 李培俊, 等. 北三台西斜坡白垩系层序地层划分及其对油气控制作用分析[J]. 特种油气藏, 2012, 19(5): 34-37.
- Wang Yuzhen, Kang Yongshang, Li Peijun, et al. Cretaceous sequence stratigraphic classification in west slope of Beisantai and its controlling analysis on the oil and gas [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2012, 19(5): 34-37.
- [12] 赵霞, 于兴河, 黄兴文, 等. 准噶尔盆地石南地区清水河组一段层序地层特征[J]. 沉积学报, 2007, 25(5): 716-721.
- Zhao Xia, Yu Xinghe, Huang Xingwen, et al. Sequence stratigraphic characteristics of the first member of Qingshuihe Formation in Shinan area, Junggar Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(5): 716-721.
- [13] 操应长, 姜在兴, 夏斌, 等. 利用测井资料识别层序地层界面的几种方法[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2003, 27(2): 23-26.
- Cao Yingchang, Jiang Zaixiang, Xia Bin, et al. Some methods for identifying sequence boundaries and condensation sections using well logging [J]. Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science, 2003, 27(2): 23-26.
- [14] 中国石油勘探开发研究院杭州地质研究所. 准噶尔盆地重点目的层沉积体系分析与有利储集相带预测[R]. 2004.
- Hangzhou Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC. Sedimentary system analysis of key pay formation and prediction of favorable facies belt, Junggar Basin [R]. 2004.
- [15] 杨勇, 陈世悦, 王桂萍, 等. 准噶尔盆地南缘雀儿沟剖面白垩系地层特征及沉积环境[J]. 油气地质与采收率, 2012, 19(3): 34-37.
- Yang Yong, Chen Shiyue, Wang Guiping, et al. Formation characteristics and sedimentary environment analysis on Cretaceous of Queergou section, Junggar basin [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(3): 34-37.
- [16] 饶政, 姚鹏翔, 张春光, 等. 准噶尔盆地石南31井区下白垩统清水河组一段辫状河三角洲相及沉积演化[J]. 古地理学报, 2008, 10(1): 43-52.
- Rao Zheng, Yao Pengxiang, Zhang Chunguang, et al. Braided fluvial facies and sedimentary evolution of the Member 1 of Qingshuihe Formation of Lower Cretaceous in Shinan31 wellblock, Junggar Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2008, 10(1): 43-52.
- [17] 尚鲁宁, 吕大炜, 李增学, 等. 琼东南盆地崖南凹陷崖城组辫状河三角洲沉积特征及油气地质意义[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(5): 4-9.
- Shang Luning, Lü Dawei, Li Zengxue, et al. Depositional characteristics and petroleum geology significance of braided delta system in Yacheng formation, Yanan sag, Qiongdongnan basin [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2013, 20(5): 4-9.