

准噶尔盆地北缘山前带湿地扇沉积特征及控藏作用

宋 璠¹, 杨少春¹, 苏妮娜¹, 向 奎², 曹海防², 赵永福², 杨 剑³

(1. 中国石油大学地球科学与技术学院, 山东青岛 266580; 2. 胜利油田新疆勘探项目管理部, 山东东营 257017;
3. 中国石油新疆油田分公司实验检测研究院, 新疆克拉玛依 834000)

摘要:综合野外露头、岩心、钻测井以及分析测试资料等,对准噶尔盆地北缘哈拉阿拉特山山前带侏罗系八道湾组开展了系统的沉积相研究。结果表明:八道湾组一段沉积时期,受构造背景、古物源、古气候的综合影响,哈山南缘山前带发育一套典型的湿地扇沉积,可识别出扇根、扇中、扇缘三种亚相,扇中可进一步分为辫状水道和泥炭沼泽两类微相;在明确了相类型及其展布特征的基础上,建立研究区湿地扇沉积相模式,其在岩性特征、沉积序列、平面规模、微相组合等方面均与洪积扇有明显区别;山前带湿地扇沉积区具有良好的勘探潜力,有利的微相、岩石相以及原始沉积组共同控制着油藏分布,其中扇中辫状水道砂砾岩相和粗砂岩相为原油富集的有利储集相带。

关键词:准噶尔盆地; 哈山地区; 沉积相; 湿地扇; 辫状水道; 油气成藏

中图分类号:P 512.2; TE 121.3 **文献标志码:**A

引用格式:宋璠,杨少春,苏妮娜,等. 准噶尔盆地北缘山前带湿地扇沉积特征及控藏作用[J]. 中国石油大学学报(自然科学版),2016,40(3):25-35.

SONG Fan, YANG Shaochun, SU Nina, et al. Sedimentary characteristics and accumulation effect of humid fan in northern margin piedmont belt of Junggar Basin[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2016,40(3):25-35.

Sedimentary characteristics and accumulation effect of humid fan in northern margin piedmont belt of Junggar Basin

SONG Fan¹, YANG Shaochun¹, SU Nina¹, XIANG Kui², CAO Haifang², ZHAO Yongfu², YANG Jian³

(1. School of Geosciences in China University of Petroleum, Qingdao 266580, China;

2. Department of Xinjiang Exploration Project Management, Shengli Oilfield, Dongying 257017, China;

3. Research Institute of Experiment and Detection, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay 834000, China)

Abstract: Based on the outcrops, core, drilling and logging data, and a large number of laboratory measurements, the sedimentary facies of Jurassic Badaowan Formation in the northern margin piedmont belt of Junggar Basin were studied systematically. The results show that during the depositional period of the first member of Badaowan Formation, a typical humid fan is developed in the piedmont belt of Hala'alt southern edge, under the comprehensive influences of tectonic setting, paleo-provenance and paleo-climate. There are three subfacies identified in the humid fan, including the root fan, middle fan and fan edge. The middle fan can be further divided into two microfacies, including the braided river channel and the peat bog. After the microfacies types and their distribution characteristics are defined, the sedimentary facies model is built, which has significant differences from arid alluvial fan regarding the lithologic features, sedimentary sequences, distribution scales and microfacies match patterns. The depositional regions of humid fan in the piedmont belt show a good exploration potential. Reservoir distribution is mainly controlled by the favorable microfacies, lithofacies and depositional fabric. Lastly, our studies suggest that the braided river channel glutenite lithofacies and grit lithofacies in the middle fan subfacies are the most favorable reservoir facies belt for hydrocarbon accumulation.

收稿日期:2015-12-23

基金项目:教育部博士点基金项目(20120133120013);国家科技重大专项(2011ZX05009)

作者简介:宋璠(1982-),男,讲师,博士,研究方向为沉积储层与油藏描述。E-mail:songfan0026@163.com。

Keywords: Junggar Basin; Hala'alt area; sedimentary facies; humid fan; braided river channel; hydrocarbon accumulation

冲积扇是指山区洪水流出山口时,由于地形坡度急剧变缓,流速骤减,碎屑物质大量堆积形成的扇形堆积体常形成于气候干旱植被不发育的地区。然而在气候湿润条件下,若有适当的地形地质条件也可发育冲积扇,此类沉积体最早由 Nemece 等^[1]定义为湿地冲积扇。现代沉积中存在大量湿地扇的实例,如喜马拉雅山麓地区的柯西河冲积扇^[2]、洪都拉斯西北部^[3]、北极地区以及河北滦河、下辽河周边等地均发育典型的湿地冲积扇。中国各大油田也不乏湿地扇沉积形成的油气储层,如民和盆地上侏罗统砂砾岩油藏^[4]、辽河盆地曙一区馆陶组砂砾岩油气藏^[5]、焉耆盆地三叠—侏罗系砂砾岩油藏等^[6]。近年来随着中国西部油气勘探力度的加大,准噶尔盆地西北缘前陆盆地山前冲断带已成为油气勘探的重点领域,油气产量占全盆地产量的40%以上。2011年在盆地北缘哈拉阿拉特山山前部署的哈浅1井侏罗系八道湾组获得工业油流,证明山前带具有较大的油气评价潜力。前人对准噶尔盆地

西北缘侏罗系沉积相进行过大量研究^[7-10],但有关山前带湿地扇的研究报道甚少。笔者利用近年来大量新采集的资料,对哈拉阿拉特山山前带侏罗系冲积扇特征进行研究,认为其主力产层八道湾组发育典型的湿地扇沉积,进而对其展布规律及其对油气成藏控制机制进行研究,以指导准噶尔盆地北缘山前带油气勘探开发工作。

1 地质背景

哈拉阿拉特山位于新疆北部,平面上夹持于准噶尔盆地与和什托洛盖盆地之间,山体近东西走向,长约80 km,属于准噶尔盆地西北缘前陆褶皱—冲断带的一部分(图1)。早侏罗世八道湾组时期,准噶尔盆地西北缘进入燕山构造层的发育和演化阶段,属于稳定背景下的陆内拗陷时期,构造活动较三叠纪明显减弱^[11],但此时克拉玛依—乌尔禾断裂带与乌尔禾—夏子街断裂带仍持续活动,对扇体的发育分布起主要控制作用。

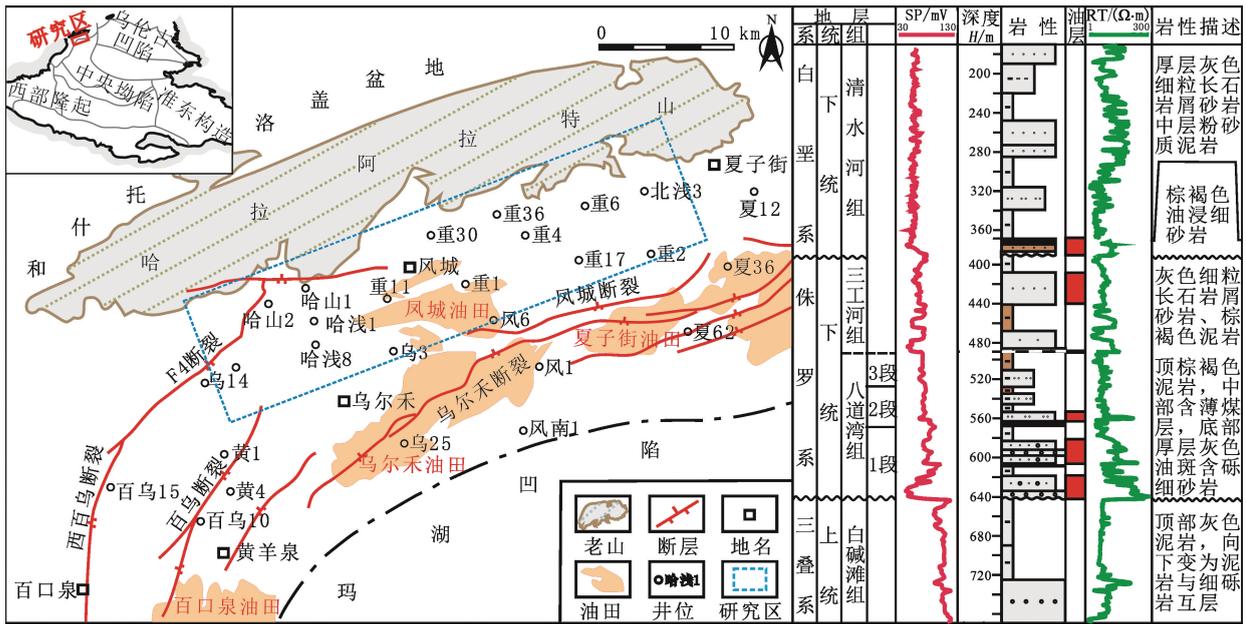


图1 研究区构造位置及地层发育特征

Fig.1 Structural location and stratigraphic characteristics of study area

哈山南缘为整体呈东南倾的单斜,地层倾角小于8°,构造形态较为简单。沉积物主要来自西北紧邻的哈山物源,此外西南发育来自扎伊尔山方向的次要物源^[12]。侏罗系八道湾组沉积于三叠纪末的侵蚀面上,与下伏白碱滩组呈明显的角度不整合接触,地层厚度为35~420 m。依据层序特征及岩性—电性组合,将八道湾组划分为3个段,自下而上依次

为J₁b¹、J₁b²、J₁b³(图1)。古生物资料表明八道湾沉积早期热带及亚热带的砂椋科、双扇蕨科、紫萁科以及石松尤为发育,结合广泛分布的煤层,表明该时期具有温暖潮湿、降雨量充沛的气候特点^[13]。正是在准平原化的构造背景及温暖潮湿的古气候环境下,哈拉阿拉特山南缘斜坡带形成了大面积分布的湿地扇砂砾岩体,扇体向盆地中部推进较广,其沉积

特征及模式有别于典型的干旱型洪积扇。

2 湿地扇沉积特征及相分布

通过对哈山南缘山前带 20 口取心井 600 余米岩心进行详细描述,结合野外露头观测、测井曲线分析及沉积学实验,对侏罗系八道湾组一段(J_1b^1)的湿地扇沉积特征进行研究,总结其垂向序列及发育分布规律。

2.1 主要沉积相标志

2.1.1 岩性特征

八道湾组整体呈多套正旋回叠加的退积型沉积特征,其中 J_1b^1 段以粗—中砾岩、砂砾岩等粗碎屑为主,夹薄层泥岩与煤层,向上逐渐过渡为棕褐色泥岩(图 2)。砾岩、含砾泥岩呈现灰色与红褐色交替出现的颜色韵律段(图 3(a)),砂砾岩、砂岩以浅灰色为主,粉砂质、泥质条带中可见斑点状分布的黄铁矿。上述岩性特征表明湿地扇沉积过程受降雨量及水位控制,颜色的交替出现反映了沉积水体的深浅

变化,由于水位总体较高,沉积物主要形成于弱还原环境中,当降雨量少水位较低时沉积物易暴露于水面遭受氧化。

2.1.2 岩石成分与结构特征

J_1b^1 段储层岩石类型主要为岩屑砂砾岩、中粗粒岩屑砂岩,砾石与砂岩岩屑的成分以玄武岩、安山岩以及凝灰质为主,碎屑组分中石英含量 30% ~ 45%,岩屑含量平均 32%,成分成熟度低。碎屑颗粒分选差但磨圆较好,且粒径越大磨圆程度越高,滚圆状的砾石十分常见(图 3(b))。该现象表明八道湾组沉积时期古水道发育稳定,对河槽中已卸载的粗碎屑不断冲刷,形成了粗细混杂堆积但圆度较高的沉积特征。粒度分析表明碎屑颗粒粒径主要为 4 ~ 8 cm,最大砾石直径约 15 cm。粒度概率曲线以三段式和复杂的两段式为主(图 2),三段式曲线滚动和跳跃次总体发育,两段式曲线以跃次总体为主,两类曲线中悬浮次总体含量相对较少且交截点突变,代表了稳定辫状水道特征,泥石流沉积不发育。

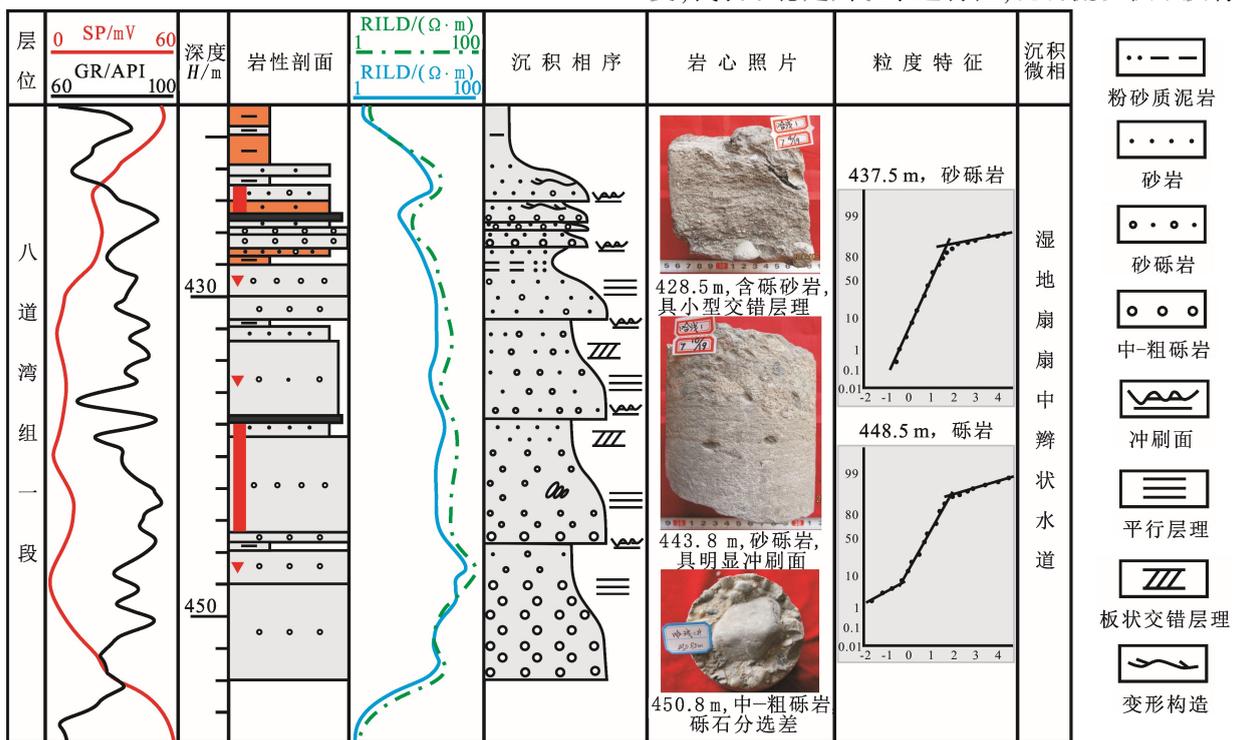


图 2 哈浅 1 井八道湾组一段沉积特征

Fig. 2 Sedimentary characteristics of J_1b^1 of well Haqian1

2.1.3 沉积构造

八道湾组沉积构造类型多样,以反映强水动力的平行层理、板状交错层理和槽状交错层理为主(图 3(c)、(d)),细粒沉积中可见小型波状交错层理,沿层理面分布大量植物茎叶及碳屑(图 3(e))。

野外露头观测发现本区河道冲刷下切以及叠置现象明显,冲刷面之上砾岩段砾石常呈定向排列,具叠瓦状构造,砂砾岩中可见大型槽状交错层理(图 3(f)、(g));单期河道由下至上粒度明显变细,砾石含量减少,最后以细砂、粉砂岩夹煤线结束。



图3 研究区八道湾组一段典型沉积现象

Fig. 3 Typical sedimentary phenomenon of J_1b^1 in study area

2.1.4 测井相标志

八道湾组储层下部电性多为厚层箱型或钟—箱形组合特征,曲线齿化明显,上部逐渐过渡为微幅齿形或近于平直。由于古气候温暖湿润导致植物繁茂,砂砾岩沉积过程中常夹有多套薄煤层,电测曲线中声波时差呈高幅异常、密度出现低值、自然伽马由于煤层的强吸附能力而呈现出高值(图2),这些特征与旱地扇形成了明显对比。

表1 研究区八道湾组一段不同相类型特征

Table 1 Characteristics of different types of J_1b^1 sedimentary facies in study area

特征类型	扇根	扇中辫状水道	扇中泥炭沼泽	扇缘片流沉积
水动力	洪水携带砾石快速卸载堆积,属重力流	牵引流沿着稳定河道搬运沉积	辫流线以外,水动力较弱	水道末端的席状洪流
地形位置	出山口处低地势处	平缓斜坡处	平缓斜坡背景下的局部低洼处	平缓斜坡处
岩性	中—粗砾石杂乱堆积	砂、砾岩,粒度较粗,结构成熟度中等	粉砂岩与泥岩互层,煤层较发育	细砂岩、粉砂岩与泥岩组合
曲线形态	齿形	钟形—箱形	高幅回返或异常	箱形、齿化箱形
沉积构造	块状构造	冲刷充填构造、平行层理、交错层理	水平层理、波状层理	小型交错层理
含油性	差	好	差	中等

2.2.1 扇根亚相

岩性以砾岩、泥质砾岩为主,分选差,层理不发育,测井曲线呈齿化箱型特征。受物源、古地形与古气候的影响,哈山山区水流所携带的碎屑物质中粗碎屑含量远大于泥质含量,因此扇根沉积物主要呈碎屑流的形式整体沉积下来,显示出杂乱堆积而无任何内部构造。研究区扇根亚相规模不大,仅在哈山2、重19、重6等个别井区发育。

2.2.2 扇中亚相辫状水道微相

湿地扇扇中辫状水道是山前带主要的砂体成因类型,沉积物粒度粗,分选较差、磨圆较好,发育平行层理、板状与槽状交错层理以及冲刷充填构造,测井曲线呈钟—箱形组合、叠置钟形等特征。与旱地扇明显不同之处在于,研究区扇中辫状水道持续发育,特别是平水期在河床低洼处仍有水流,水道具有较明显的摆动叠加特征,使得扇体平面规模远大于旱地扇;此外,因平水期形成的砂体顶部落淤泥数量少,储层垂向非均质性较弱,储层质量较高。

2.2.3 扇中亚相泥炭沼泽微相

研究区扇中泥炭沼泽微相成因上类似于前人提出的河漫沉积^[4],然而又与之差异明显。岩性多为黑色炭质泥岩,局部有粉砂岩、细砂岩及少量细砾,一般为块状构造或具水平层理,薄煤层中有时可见波状或缓波状层理。该微相常分布于扇间或扇中辫

2.2 沉积相类型

结合准噶尔盆地北缘山前带地质背景和各类沉积相标志,认为侏罗系八道湾组一段属于典型的湿润型冲积扇沉积。根据沉积体分布位置、水动力特征、地形地貌及沉积相标志,将研究区湿地扇划分为扇根、扇中、扇缘三种亚相,扇中亚相可进一步分为辫状水道与扇间泥炭沼泽两种微相,扇缘亚相主要为带状片流沉积,不同相类型的特征差异明显(表1)。

状水道之间的低洼处,由于有丰富的地下水及矿物质供应,植物容易生长而首先泥炭沼泽化^[14]。顺物源方向,泥炭沼泽常与扇缘相连,界线不太明显,具有过渡关系。

2.2.4 扇缘亚相片流沉积

哈山南缘八道湾组沉积前古地形起伏不大,且由西北至东南方向地层逐渐平缓^[15]。在平缓的古地貌背景下,湿地扇辫状水道向前延伸较远范围后,大部分沉积物以垂向加积的方式在水道前端形成了片流沉积。岩性包括含砾砂岩、砂岩、粉砂岩与粉砂质泥岩等,仍具有代表强水动力的交错层理。与 Mc Gowen 等^[16]提出的经典湿地扇模式不同之处在于,受古地貌与水动力的影响,研究区扇缘沉积发育规模很小,向前方易直接过渡为辫状河。

2.3 沉积相展布特征

利用哈山南缘山前带60余口井钻测井解释的岩性厚度、含量等基础数据,结合沉积物源及地震属性等前期研究成果^[12],编制了研究区 J_1b^1 地层厚度、砂砾岩厚度、砾岩含量等单因素图件。在此基础上,从取心井单井相研究出发,以连井沉积相分析为桥梁,按照“点—线—面”的研究步骤明确了沉积相展布特征。

从连井相剖面看(图4),由山前带向盆地中部地层厚度、砂岩厚度逐渐增大, J_1b^1 时期砂体发育程

度较高,湿地扇砂砾岩体厚度逐渐减薄,由湿地扇辫状水道过渡为厚层辫状河沉积,其间夹有小规模湿地扇扇缘,测井曲线相应地由齿化钟—箱形过渡为厚层箱形。野外露头观测亦证实自扇体近端到远端,碎屑粒径明显变小,格架砾岩的体积逐渐减小而交错层状含砾砂岩、砂岩的体积相应增加(图3(h)),砂体由块状、板状交错层组过渡为槽状层组。

平面上,研究区主要发育三期北西—南东向展布的湿地扇扇体,从砂砾岩体的平面分布规模以及

大型沉积层理的延续性可看出,扇体分布范围较广,在哈山南缘覆盖面积约达 300 km² 以上(图5)。三期扇体西侧一支规模相对较小,发育于春晖油田内部^[17];中部与东部两支扇体宽度较大,向东南延伸至乌17—风10—夏54井一带。各期扇体叠置连片分布,形成了广布的辫状水道砂砾岩体,扇间发育小规模泥炭沼泽,另有小规模扇根、扇缘沉积,向东南依次过渡为辫状河并最终注入玛湖凹陷形成三角洲。

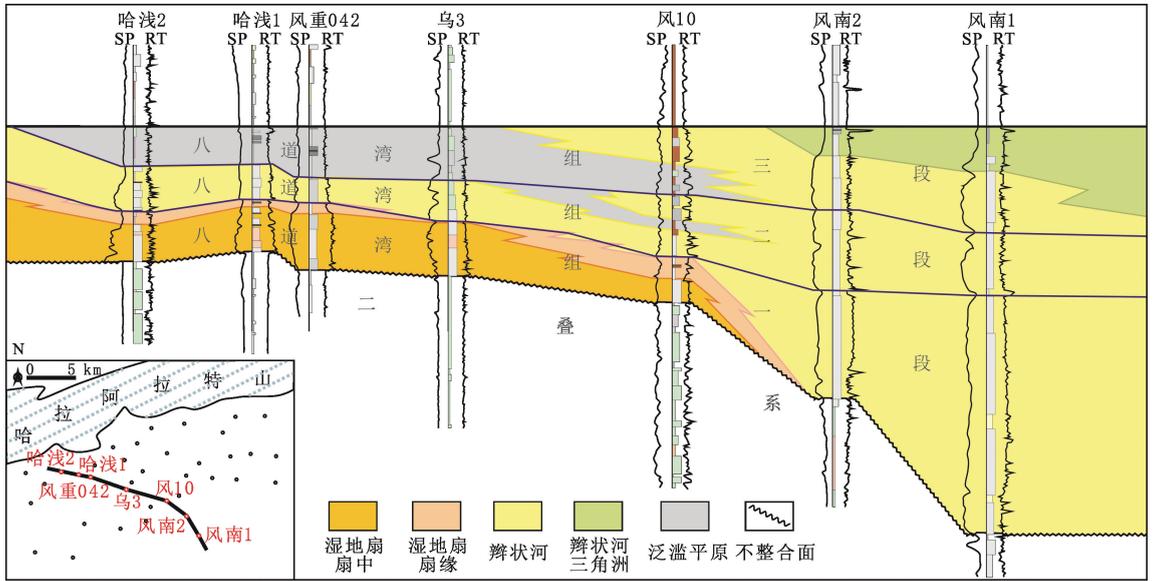


图4 哈浅2—风南1井八道湾组沉积相连井剖面

Fig. 4 Well correlation section facies of J₁b¹ from well Haqian2 to well Fengnan1

3 沉积模式

侏罗系沉积初期,准噶尔盆地北缘处于燕山构造活动阶段,属于稳定背景下的陆内断陷—拗陷时期,构造活动较三叠纪明显减弱^[18]。在稳定的构造背景、平缓的古地貌格局以及温暖潮湿的古气候共同控制下,哈山南缘 J₁b¹ 时期的湿地扇与常规洪积扇的沉积模式具有明显差异(图6)。研究区湿地扇具有长期山区水流,水动力相对平稳,沉积物形成较洪积扇缓慢,风化和搬运时间长,沉积物粒度较细、磨圆较好;砂砾岩体厚度在 10 ~ 65 m 不等,沉积厚度总体较小,但平面规模较大,是干旱地区洪积扇平面范围的几倍甚至几十倍。

研究区湿地扇各亚相之间是逐渐过渡的,由扇根至扇缘沉积物逐渐变细,但在扇缘的河槽内仍具有砾质沉积,垂向上总体呈向上变细的沉积序列。

扇根由中—粗砾岩组成,缺乏泥石流沉积,平行于主流线方向小范围分布。扇中亚相底部发育冲刷面,河流作用明显,且河道具有定向迁移的特征,发育河流作用产生的沉积结构与构造。沿着水流方向,沉积层由具块状、平形层理砂砾岩过渡为板状层理砂砾岩和砂岩,河道内砂砾岩具有槽状交错层理。平面上扇中亚相占湿地扇总面积的 80% 以上,除河道沉积以外,河道间与扇体之间的泥炭沼泽微相也是区别于洪积扇的典型特征。扇缘亚相规模小,呈带状分布于水道前方,砾岩含量明显减少,砾石主要分布于具有板状、槽状交错层理的砂岩中。受物源与古地形的影响,扇缘前方发育大规模辫状河沉积,构成了乌尔禾—夏子街油田良好的油气储层^[19-20]。由此可见,研究区分布局限的扇缘相当于冲积扇辫状水道与辫状河河道之间的一个过渡相。

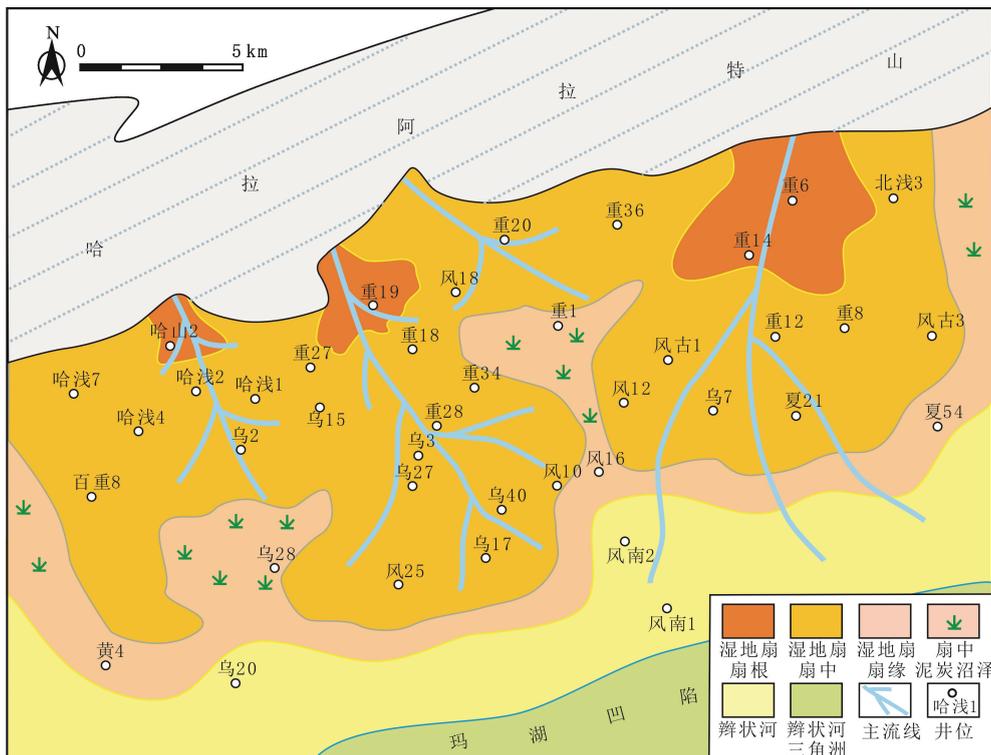


图5 哈山山前带侏罗系八道湾组一段沉积相

Fig.5 Sedimentary facies of J_1b^1 in Hala'alt piedmont belt

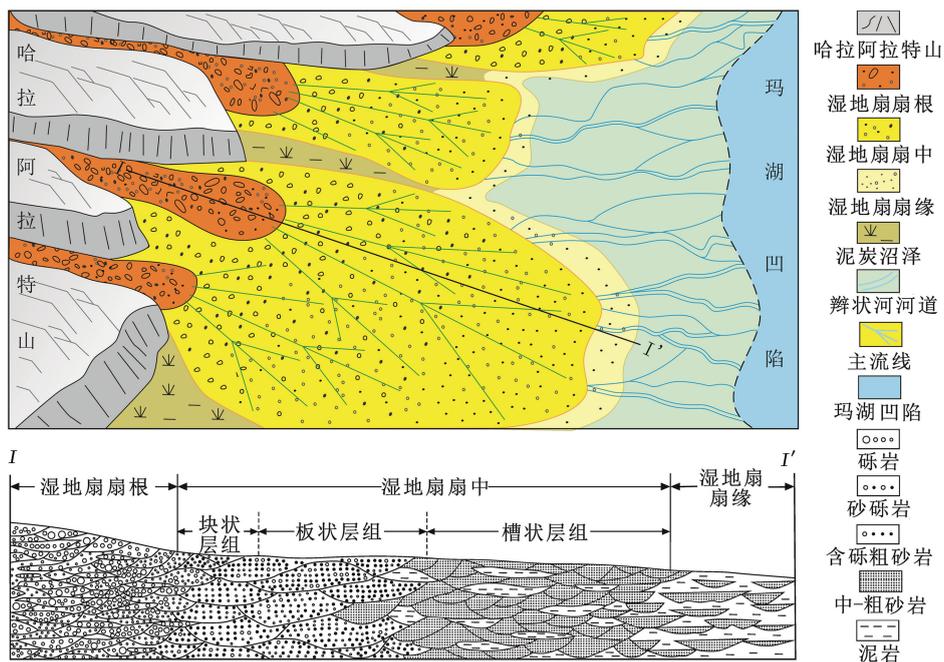


图6 哈拉阿拉特山山前带湿地扇沉积模式

Fig.6 Sedimentary model of humid fan in Hala'alt piedmont belt

4 湿地扇沉积特征对原油成藏的影响

对哈山南缘山前带侏罗系八道湾组一段的原油性质进行分析,结果表明研究区地面原油密度在 $0.9682 \sim 0.9915 \text{ g/cm}^3$,地面原油黏度为 $5639 \sim$

$37892 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ($50 \text{ }^\circ\text{C}$),凝固点为 $30 \sim 43 \text{ }^\circ\text{C}$,胶质与沥青质含量在 $34.39\% \sim 37.66\%$,属于重质稠油(表2)。

哈山地区二叠系烃源岩在三叠纪—早侏罗世达到生油高峰^[11],而深部的油源断裂从二叠纪至早侏

罗世持续活动,浅部油源断裂从晚侏罗世至白垩纪活动强烈,表明该区烃源岩生排烃期与油源断层的活动期的配置十分良好,开启性断层控制了原油垂向运移能力。油源对比揭示哈山南部的玛湖凹陷是山前带的主要供油区^[21],而广泛分布的厚层砂体则是原油大范围远距离运移的主要通道。哈山地区共发育3套毯状砂层,分布于八道湾组(J_1b)、西山窑组(J_2x)和清水河组(K_1q),3套毯状砂体在圈闭低部位均可作为油气运载层和仓储层。其中, J_1b^1 底板砂岩分布范围最广,厚度大,与油源断层相接,对

原油横向运移成藏影响至关重要。油气运移物理模拟实验表明,该砂层具有很强的吸油和横向转移能力,侧向运移量可占总运移量的40%~100%。砂层内碎屑颗粒以点接触为主,孔隙类型主要为原生粒间孔,孔隙度为15.38%~33%,渗透率平均为 $393.3 \times 10^{-3} \mu m^2$,具备良好的储集和运移能力。受超覆、削蚀影响,毯状砂体上倾方向为原油聚集提供了良好的储集空间,预示着山前带具有良好的油气勘探前景。2011年哈山山前带西侧超剥带获得重大突破,发现了春晖油田,拿下了储量阵地^[22]。

表2 侏罗系八道湾组一段储层原油性质统计

Table 2 Statistics of oil property of J_1b^1 reservoir

井号	层位	井段深度/m	原油密度/ (g/cm^3)	50 °C黏度/ ($MPa \cdot S$)	含硫量/ %	含蜡量/ %	含水量/ %	胶质+沥青 质/%	凝固点/ °C
哈浅1	J_1b^1	438~445	0.9808	10150	0.42	2.59	45	34.58	34
哈浅1	J_1b^1	438~445	0.9808	11350	0.44	1.83	47	34.49	33
哈浅1	J_1b^1	438~445	0.9788	8228	0.46	3.86	25	34.76	30
哈浅2	J_1b^1	336~356	0.9915	10606	0.47	2.05	22	36.37	38
哈浅2	J_1b^1	336~356	0.9871	9768	0.42	1.43	35	37.66	35
哈浅4	J_1b^1	547~562	0.9776	6879	0.48	2.06	33	36.37	28
哈浅4	J_1b^1	547~562	0.9836	5639	0.43	2.09	33	34.52	31
哈浅5	J_1b^1	578~595	0.9883	13617	0.51	2.32	22	34.55	35
哈浅5	J_1b^1	578~595	0.9860	16676	0.43	1.57	28	34.48	32
哈浅5	J_1b^1	578~595	0.9876	33943	0.43	2.48	42	34.57	43

哈山南缘山前带八道湾组目前已探明的油藏类型主要为构造-岩性油藏,油藏分布受断裂构造与沉积相带共同控制,湿地扇为该区提供了大面积毯状砂体的同时,其沉积微相及岩石相展布对原油富集也起着重要影响,主要表现在以下两个方面:

(1) 优势微相与岩石相控制了油藏的宏观分布。侏罗系八道湾组湿地扇储层具有砂体空间连续性好、原始储集物性高等特点,然而不同沉积微相由于水动力条件、分布位置的不同,其储集物性存在较大差异。在各种相类型之中,扇中亚相辫状水道与扇缘片流沉积储集物性好(表3),含油程度高,是油气聚集的优势相带。此外,受古地形、搬运距离等因素影响,同一微相内还可划分出若干类岩石相带。按照哈山南缘山前带湿地扇的沉积特征与沉积模式,可将沉积主体——扇中辫状水道微相进一步划分为块状砾岩与砂砾岩相、大型交错层理砂砾岩与粗砂岩相、中砂岩与泥岩互层相3种类型。根据试油资料统计,砂砾岩、粗砂岩含油气性最好,含油级别以富含油、油浸为主,其次为含砾细砂岩,砾岩、粉砂岩的含油性相对较差(图7)。统计结果表明,辫状水道的砂砾岩相与粗砂岩相的储集物性、含油性最好,是油气聚集的优势相带,试油日产大于10t的井主要分布于该岩相带内,例如哈浅1井、哈浅2井

等。位于粗细两个端元的块状砾岩相和泥质粉砂岩相含油性最差,例如哈山2井目的层主要为中—粗砾岩,物性较差,油气显示微弱。

表3 湿地扇不同相类型储层物性

Table 3 Reservoir physical properties in different facies of humid fan

相类型	孔隙度 φ /%	渗透率 k / ($10^{-3} \mu m^2$)	含油饱和度 S_o /%
扇根	9.5~15.4	42.6~116.3	16.2~25.5
扇中辫状水道	20.6~33.0	152.5~723.6	30.0~65.8
扇中泥炭沼泽	11.6~18.5	86.5~189.3	12.5~20.2
扇缘片流沉积	18.2~27.5	202.4~581.5	22.5~32.6

(2) 原始沉积组构制约了原油的局部富集。通过岩心含油性观察以及多种实验分析,认为湿地扇沉积时的岩性组成、孔隙结构类型、填隙物类型与特征对原油的局部富集具有重要影响。在砂岩储层中,泥质胶结作用较强,岩心含油属油迹、油斑级别,在含油性相对较好的岩心中亦可见大量灰色、灰白色的泥质斑点(图8(a))。通过扫描电镜观察发现泥质组分几乎全部为高岭石,常呈分散质点式充填在孔隙内,对喉道破坏较为严重(图8(b)、(c))。砂砾岩、含砾粗砂岩储层中,砾石常由中—粗砂粒支撑,而非泥质杂基支撑,其含油性明显好于细砂岩储层(图8(d))。薄片观察表明,碎屑颗粒间以点接

触为主,约10%的泥质和5%的沥青质充填孔隙(图8(e)、(f)),原生粒间孔隙与孔隙缩小型喉道较为

发育,储层物性好(图8(g))。

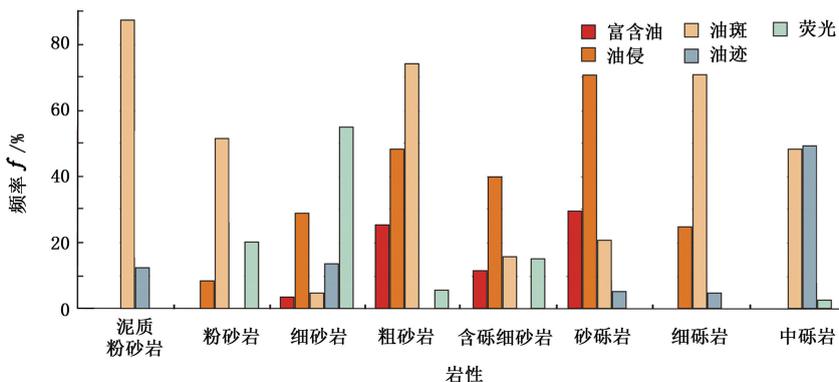


图7 湿地扇储层不同岩性含油级别统计直方图

Fig.7 Oil-bearing degree statistical histogram of different lithology in humid fan reservoir

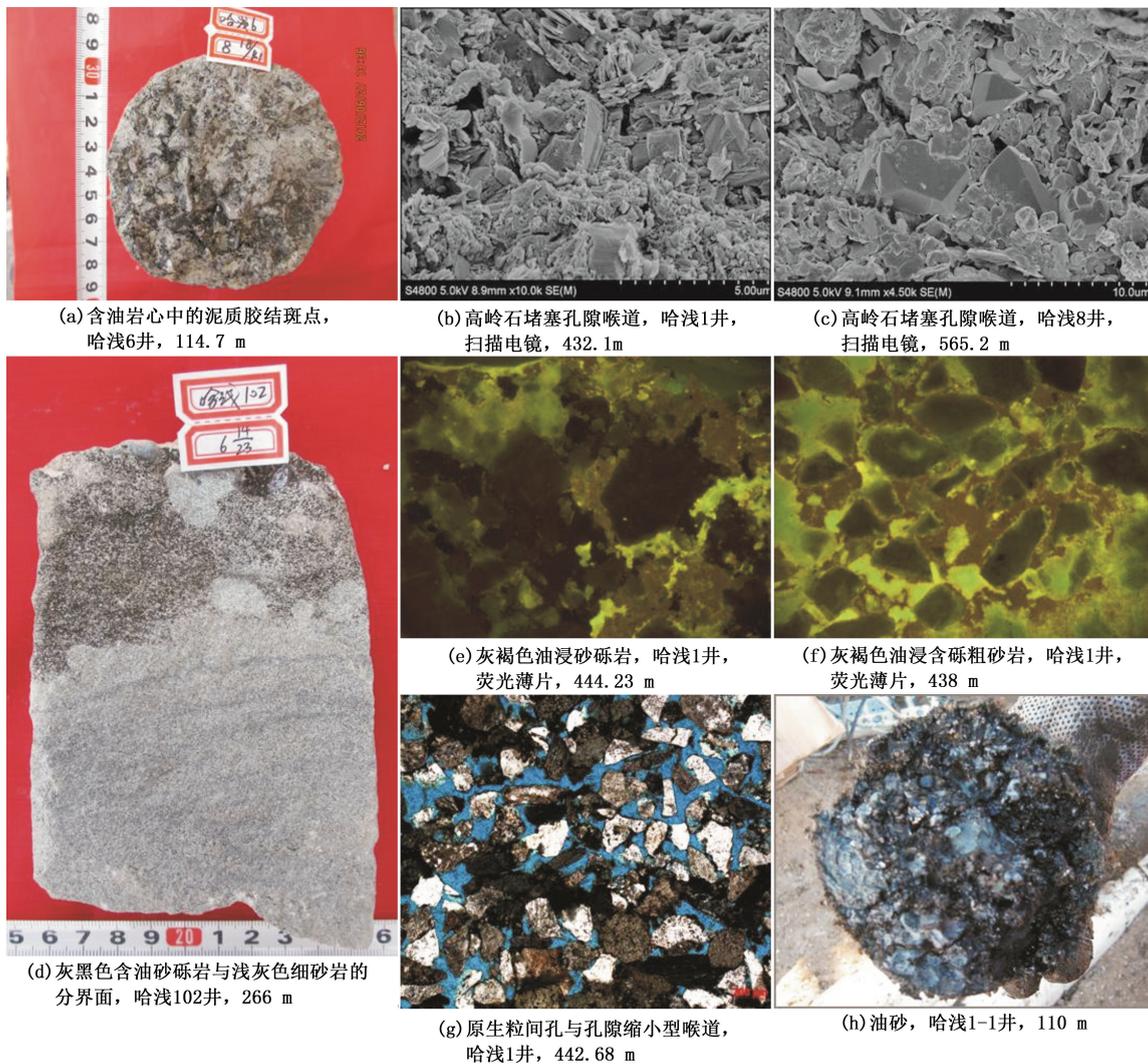


图8 研究区八道湾组一段部分含油岩心与典型微观特征

Fig.8 Part of oil core and typical microscopic characteristics of J_1b^1 in study area

根据研究区 J_1b^1 不同岩性储层含油情况统计,可以看出砂岩储层含油性明显受泥质胶结程度控

制,泥质含量越高,砂岩储层非均质性越强,原油聚集量就越少;砂砾岩储层由于胶结疏松,泥质含量

低,含油性相对较好。此外,哈山南缘山前带八道湾组属于源外成藏,湿地扇沉积为该区提供了良好的横向运移通道,原油沿上倾方向进行长距离大规模运移的过程中遭受水洗、氧化和生物降解等作用逐渐稠化,进入疏松的砂砾岩储层后与粗碎屑混合,形成了沥青质胶结现象,在研究区新钻探的取心井中发现了一定规模的油砂(图8(h))。

5 结 论

(1)准噶尔盆地北缘哈拉阿拉特山山前带侏罗系八道湾组一段发育典型的湿地扇沉积,其平面规模大于300 km²,可识别出扇根亚相、扇中亚相辫状水道微相、扇间泥炭沼泽微相、扇缘片流沉积微相4种相类型。由出山口向外,砾岩的体积逐渐减小,交错层状含砾砂岩、砂岩的体积增加,砂体由块状、板状交错层组过渡为槽状层组。

(2)研究区湿地扇沉积模式与常规洪积扇有明显差异,由扇根至扇缘岩性变化较平缓,沉积物空间分配较为均衡。扇体内河流作用明显,且河道具有定向迁移的特征,砂体空间分布较稳定,形成了连续分布的厚层毯状砂,易于在上倾方向形成岩性油藏,或者与断层匹配形成构造-岩性油藏。

(3)准噶尔盆地北缘山前带湿地扇沉积区具有良好的油气勘探前景,扇体沉积作用对原油富集成藏具有重要影响。其中,扇中亚相辫状水道的砂砾岩相与粗砂岩相储集物性、含油性最好,是油气聚集的优势相带;沉积物的原始组构制约着原油局部富集,以中—粗砂粒支撑的砂砾岩和含砾粗砂岩储层孔隙结构、物性条件好于细砂岩和粉砂岩储层,具有较为丰富的原油储量。

(4)从前人对准噶尔盆地西北缘油气成藏研究成果及稠油、沥青的分布状况来看,哈山山前带油砂的形成除了与后期构造抬升作用影响外,还与原油沿着湿地扇毯状砂体长距离运移有关,其成藏模式类似于加拿大阿尔伯达盆地的油砂矿,由此可见哈山山前带可能具有良好的油砂矿开采潜力。

参考文献:

- [1] NEMEC W, STEEL R J. What is fan delta and how do we recognize it? [C]//NEMEC W, STEEL R J. Fan deltas, sedimentology and tectonic settings. Glasgow, Scotland: Blakie and Sons, 1988:2-3.
- [2] GOLE C V, CHITALE S V. Inland delta building activity of Kosi River[J]. Jour Hydraul Proc Am Soc Civ Engrs, 1996,92:111-126.
- [3] LEGGETT R F, BROWN R J E, JOHNSTON G H. Alluvial fan formation near Aklavik, Northwest Territories, Canada[J]. Bull Geol Soc Am,1996,77:15-30.
- [4] 蔡春芳,彭德堂,高振中,等.民和盆地上侏罗统湿型冲积扇沉积[J].矿物岩石,1997,17(2):61-66.
CAI Chunfang, PENG Detang, GAO Zhenzhong, et al. A humid alluvial fan from upper Jurassic in Minhe Basin, northwest china[J]. J Mineral Petrol, 1997,17(2):61-66.
- [5] 郭建华,朱美衡,杨申谷,等.辽河盆地曙一区馆陶组湿地冲积扇沉积[J].沉积学报,2003,21(3):367-372.
GUO Jianhua, ZHU Meiheng, YANG Shengu, et al. Wet alluvial fan sedimentary in the Guantao Formation of Shuyi area[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003,21(3):367-372.
- [6] 刘林玉,张龙,马淑英,等.潮湿扇、河流、湖泊沉积体系及其沼泽沉积特征:以焉耆盆地为例[J].西北大学学报(自然科学版),2006,36(2):267-269.
LIU Linyu, ZHANG Long, MA Shuying, et al. The damp fans, rivers and lakes sedimentary systems and the deposit of fan marsh, river marsh and lake marsh: taking Yanqi Basin as an example[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2006,36(2):267-269.
- [7] 雷振宇,卞德智,杜社宽,等.准噶尔盆地西北缘扇体形成特征及油气分布规律[J].石油学报,2005,26(1):8-12.
LEI Zhenyu, BIAN Dezhi, DU Shekuan, et al. Characteristics of fan forming and oil-gas distribution in west-north margin of Junggar Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005,26(1):8-12.
- [8] 胡宗全,朱筱敏,彭勇民.准噶尔盆地西北缘车排子地区侏罗系物源及古水流分析[J].古地理学报,2001,3(3):49-54.
HU Zongquan, ZHU Xiaomin, PENG Yongmin. Analysis of provenance and palaeocurrent direction of Jurassic at Chepaizi region in northwest edge of Junggar Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2001,3(3):49-54.
- [9] 刘军钊,张尚锋,关键,等.准噶尔盆地西北缘车排子地区侏罗系扇三角洲沉积特征[J].特种油气藏,2008,15(5):27-34.
LIU Junzhao, ZHANG Shangfeng, GUAN Jian, et al. Sedimentary characteristics of Jurassic fan delta in Chepaizi area, northwest margin of Junggar Basin[J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2008,15(5):27-34.
- [10] 祁利祺,鲍志东,吴博然,等.准噶尔盆地西北缘侏罗系展布与层序地层格架特征[J].石油与天然气地质,2008,29(2):261-267.
QI Liqi, BAO Zhidong, WU Boran, et al. Distribution

- and sequence stratigraphic framework of the Jurassic strata on the northwestern margin of the Junggar Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2008, 29(2):261-267.
- [11] 何登发,管树巍,张年富,等.准噶尔盆地哈拉阿拉特山冲断带构造及找油意义[J].新疆石油地质,2006,27(3):267-269.
HE Dengfa, GUAN Shuwei, ZHANG Nianfu, et al. Thrust belt structure and significance for petroleum exploration in Hala'alt Mountain in Northwestern Margin of Junggar Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2006,27(3):267-269.
- [12] 宋璠,杨少春,苏妮娜,等.准噶尔盆地北缘山前带沉积物源及相模式研究:以哈拉阿拉特山前缘春晖探区为例[J].沉积学报,2015,33(1):49-59.
SONG Fan, YANG Shaochun, SU Nina, et al. Sedimentary Provenance and facies model of piedmont belt in the northern margin of Junggar Basin: take the chunhui exploration area of Hala'alt front edge as an example [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2015, 33(1):49-59.
- [13] 鲍志东,刘凌,张冬玲,等.准噶尔盆地侏罗系沉积体系纲要[J].沉积学报,2005,23(2):194-202.
BAO Zhidong, LIU Ling, ZHANG Dongling, et al. Depositional system frameworks of the Jurassic in Junggar Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 23(2):194-202.
- [14] DUTTA P K, SUTTNER L J. Alluvial sandstone composition and paleoclimate (II): authigenic mineralogy [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1986, 56(3):346-358.
- [15] 周俊林,王仲军,丁超,等.准噶尔盆地乌尔禾油田高自然伽马砂砾岩特征及其沉积微相研究[J].沉积学报,2014,32(4):734-743.
ZHOU Junlin, WANG Zhongjun, DING Chao, et al. High GR glutinite feature and micro-sedimentary facies in Wuerhe oil-field, Junggar Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2014,32(4):734-743.
- [16] 赵澄林,朱筱敏.沉积岩石学[M].北京:石油工业出版社,2001:237-238.
- [17] 周健.准噶尔盆地北缘春晖油田不整合圈闭边界识别[J].新疆石油地质,2014,35(4):414-417.
ZHOU Jian. Identification of the unconformity trap boundaries in Chunhui Oilfield in northern margin of Junggar Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2014, 35(4):414-417.
- [18] 祝彦贺,王英民,袁书坤,等.准噶尔盆地西北缘沉积特征及油气成藏规律:以五、八区佳木河组为例[J].石油勘探与开发,2008,35(5):576-580.
ZHU Yanhe, WANG Yingmin, YUAN Shukun, et al. Sedimentary characteristics and hydrocarbon accumulation rules in northwestern Junggar Basin: a case from Jiamuhe Formation of No. 5 and 8 area [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2008,35(5):576-580.
- [19] 宋永东,戴俊生,吴孔友.准噶尔盆地西北缘乌夏断裂带构造特征与油气成藏模式[J].西安石油大学学报(自然科学版),2009,24(3):17-20.
SONG Yongdong, DAI Junsheng, WU Kongyou. Study on the structural features and hydrocarbon accumulation modes of Wuxia fault belt in the northwest margin of Junggar Basin [J]. *Journal of Xi'an Shi You University (Natural Science Edition)*, 2009,24(3):17-20.
- [20] 辛也,王伟锋,吴孔友.准噶尔盆地西北缘乌-夏断裂带油气成藏组合特征[J].中国石油大学学报(自然科学版),2011,35(2):32-38.
XIN Ye, WANG Weifeng, WU Kongyou. Oil-gas plays characteristics analysis of Wu-xia fault belt, the northwestern margin in Junggar Basin [J]. *Journal of China University of Petroleum (Natural Science Edition)*, 2011, 35(2):32-38.
- [21] 刘枢颖,徐怀民,姚卫江,等.准噶尔盆地网毯式油气成藏输导体系[J].中国石油大学学报(自然科学版),2011,35(5):32-35.
LIU Yaying, XU Huaimin, YAO Weijiang, et al. Meshwork-carpet type hydrocarbon reservoir transportation system in Junggar Basin [J]. *Journal of China University of Petroleum (Natural Science Edition)*, 2011, 35(5):32-35.
- [22] 张善文.准噶尔盆地哈拉阿拉特山地区风城组烃源岩的发现及石油地质意义[J].石油与天然气地质,2013,34(2):145-152.
ZHANG Shanwen. Identification and its petroleum geologic significance of the Fengcheng Formation source rocks in Hala'alt area, the northern margin of Junggar Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2013,34(2):145-152.

(编辑 徐会永)