

文章编号: 1000-0550(2013)03-0553-10

# 准噶尔盆地东部地区八道湾组层序地层及 油气勘探有利区带预测<sup>①</sup>

王哲<sup>1,2</sup> 金振奎<sup>1,2</sup> 付晶<sup>1,2</sup> 郭守波<sup>3</sup>

(1. 中国石油大学地球科学学院 北京 102249; 2. 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室 北京 102249;  
3. 中国石油新疆油田分公司百口泉采油厂 新疆克拉玛依 834000)

**摘要** 运用层序地层学与沉积学的原理和方法,建立滴水泉地区侏罗系八道湾组层序地层格架,划分沉积相,在此基础上分析层序充填及沉积演化特征,预测研究区岩性油气藏的类型及分布。研究结果表明:八道湾组为“一个半”层序,包括5个体系域。整体经历了一个先退积、后进积、再退积的过程。研究区发育辫状河、辫状河三角洲和湖泊3种沉积相类型、5种沉积亚相类型和10种沉积微相类型。JSQ1层序低位体系域以辫状河沉积为主,湖侵体系域主要发育滨浅湖沉积,高位体系域以辫状河三角洲沉积为主;JSQ2层序低位体系域主要发育辫状河三角洲沉积,而湖侵体系域以滨浅湖沉积为主。滴水泉地区八道湾组发育的有利储集砂体是辫状河和辫状河三角洲砂体,主要发育于低位和高位体系域。研究区八道湾组沟谷型古地貌可与JSQ1低位体系域广泛分布的辫状河道砂体组合形成地层-岩性圈闭,是研究区最有利的勘探目标。

**关键词** 层序地层 沉积相 层序充填 沉积演化 准噶尔盆地 八道湾组

**第一作者简介** 王哲 男 1985年出生 博士研究生 沉积学与层序地层学 E-mail: 269971170@qq.com

**中图分类号** P539.2 TE121.3 **文献标志码** A

准噶尔盆地东部地区是新疆油田公司近年来重点勘探的区带之一,滴水泉油田为准噶尔盆地油气资源的重要接替区。目前已在研究区内发现了滴12井区块和滴2井区块等侏罗系八道湾组油藏,有望在克拉美丽山前形成连片分布的、中等规模的优质高效油藏,这些发现揭示了滴水泉地区八道湾组具有很大的勘探潜力。层序地层学研究已经被公认为各大盆地寻找隐蔽圈闭的一种有效方法<sup>[1~3]</sup>,准噶尔盆地在层序地层学方面的研究主要集中于西北缘和腹部地区,针对东部地区的研究相对较少。前人曾对准噶尔盆地东部进行过区域性的大层系的研究,且形成不同的观点和认识<sup>[4~8]</sup>,但尚未针对滴水泉地区八道湾组进行过系统的层序地层和沉积相方面的研究,极大地制约了油气的勘探及部署。因此本次研究在层序地层学与沉积学的理论及方法的指导下,通过对全区岩芯、测井、录井和高分辨率地震等资料的综合分析,依据层序界面特征,建立了滴水泉地区侏罗系八道湾组层序地层格架,分析了各体系域的层序充填及沉积演化特征,预测了有利勘探目标,为该区油气藏的进一步勘探提供参考依据。

## 1 区域地质概况

滴水泉地区位于准噶尔盆地东部克拉美丽山前斜坡区,南临五彩湾凹陷和东道海子凹陷,西接滴水泉凹陷,走向为近东西向鼻状构造,构造上属于陆梁隆起的一个二级构造单元,工区面积约935.88 km<sup>2</sup>。研究区构造格局形成于石炭纪末期,石炭系基底为一向西倾没的大型复式鼻状构造,其南北两翼分别被滴水泉断裂和滴水泉北断裂切割,两断裂为基底逆冲断裂,是与南北凹陷的分界线。本区至早三叠世一直处于剥蚀夷平阶段,中晚三叠世开始接受沉积,印支末期的构造运动又使三叠系遭受强烈剥蚀,在凸起高位剥蚀殆尽。滴水泉地区在持续隆起的区域背景下沉积的侏罗系中下统形成了具有超覆性质的沉积。由于接近盆地边缘,侏罗纪末期的构造运动对该区影响剧烈,使其再次隆升遭受削蚀,致使侏罗系上统及中统部分地层缺失,甚至下统也遭受部分削蚀,白垩系超覆沉积在侏罗系的夷平面之上,部分继承了侏罗系的构造形态,且更加平缓(图1)。石油地质综合评价显示,滴水泉地区位于油气富集带上,其构造高部

<sup>①</sup>国家重点基础研究发展规划(973)项目(编号:2006CB202300)资助  
收稿日期:2012-07-24;收修稿日期:2012-11-05

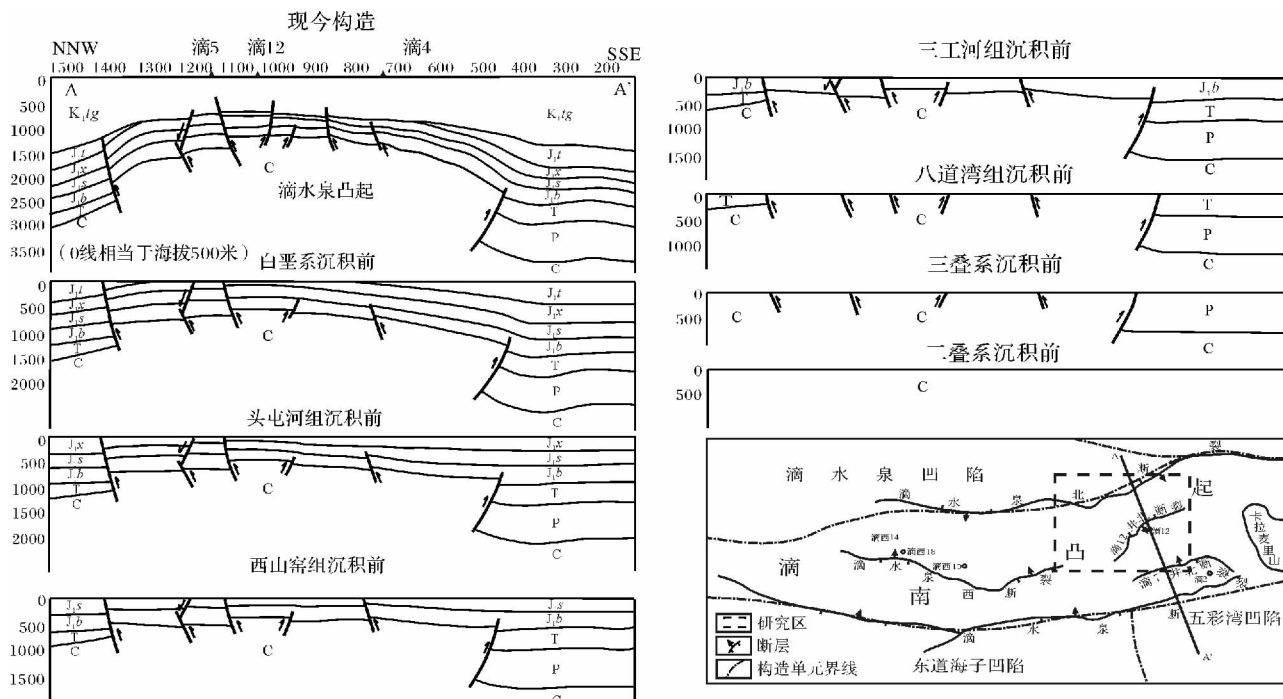


图1 准噶尔盆地滴水泉地区区域地质背景

Fig. 1 Regional geological settings of Dishuiquan area, Junggar Basin

位及低部位均已发现油气,并且该地区长期处于隆起状态,是油气勘探非常有利的一个区带。

## 2 层序界面识别及特征

### 2.1 三级层序界面

三级层序界面是由盆缘不整合面及与其对应的盆内整合面所限定的地层单元,在盆地范围内可追踪对比。构造运动是产生不整合边界的主要因素。三叠纪至侏罗纪的印支运动和燕山运动是造成研究区侏罗系顶底及内部区域不整合边界的直接因素,而低幅的振荡事件形成了几个局部不整合并促进了煤系地层的形成。

JSB1 是印支运动形成的区域不整合面(图2),下伏的二叠系和三叠系地层遭受变形和强烈的剥蚀,使侏罗系角度不整合于石炭系地层之上。地震剖面上表现为强振幅、连续性中一好的反射,全区稳定分布,易于识别和追踪。该界面之上发育的辫状河沉积在地震剖面上由1~2个连续强相位组成,由于河道下切作用,常见透镜反射或双向上超反射。界面之下为石炭系火山岩和火山碎屑岩沉积,呈杂乱反射特征。在钻井和测井上为岩性突变的不整合面,界面之上为大套浅灰色砂砾岩,表现为低自然伽马、高电阻、呈齿化钟形,界面之下以深灰色凝灰岩为主,曲线跳

跃较大,表现为高自然伽马、低电阻、呈低平齿形。

JSB2 对应于次级构造活动造成的局部不整合面(图2),与JSB1相比,其强度要弱得多,没有明显的不整合现象和大规模的侵蚀作用,与下伏地层整合接触。在地震剖面上表现为一双相位连续强反射波组,组成所谓的“钢轨”反射层,该界面处未见侵蚀或超覆现象,其上、下地层平行接触。在钻井及测井上为一套稳定分布煤系的顶面,煤层具有易识别的岩性特征而被当作区域性标志层,从而在建立等时地层格架时一般将区域性煤层界面视为等时面,并作为层序地层对比的标志<sup>[9-11]</sup>。

### 2.2 体系域界面

在体系域研究中,我们采用Wagoner等根据客观物理特征划分体系域的概念和方法<sup>[12,13]</sup>,关键在于首次湖泛面和最大湖泛面的确定。首次湖泛面之下是低位体系域,之上是湖侵体系域;最大湖泛面之下是湖侵体系域,之上是高位体系域。

滴水泉地区JSQ1的初始湖泛面位于八一段顶部,JSQ2的初始湖泛面位于八三段中上部。初次湖泛面的识别标志有:(1)沉积相类型发生突变。JSQ1的初次湖泛面之下主要为辫状河相,界面之上主要为湖泊相;JSQ2的初次湖泛面之下以辫状河三角洲沉积为主,界面之上以湖泊沉积为主。(2)在岩性录井

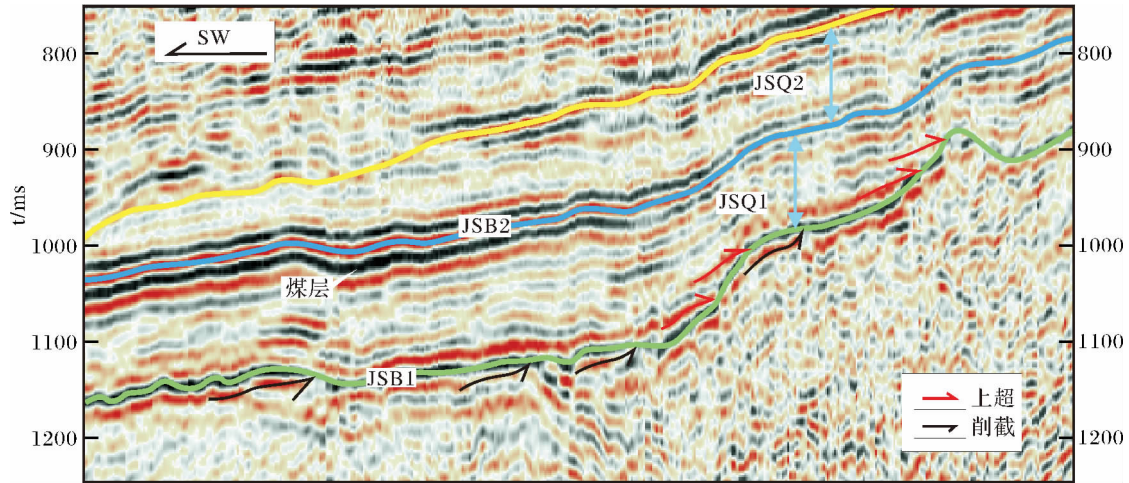


图2 滴水泉地区八道湾组层序界面特征

Fig.2 The section of strata classification of Badaowan Formation in Dishuiquan area

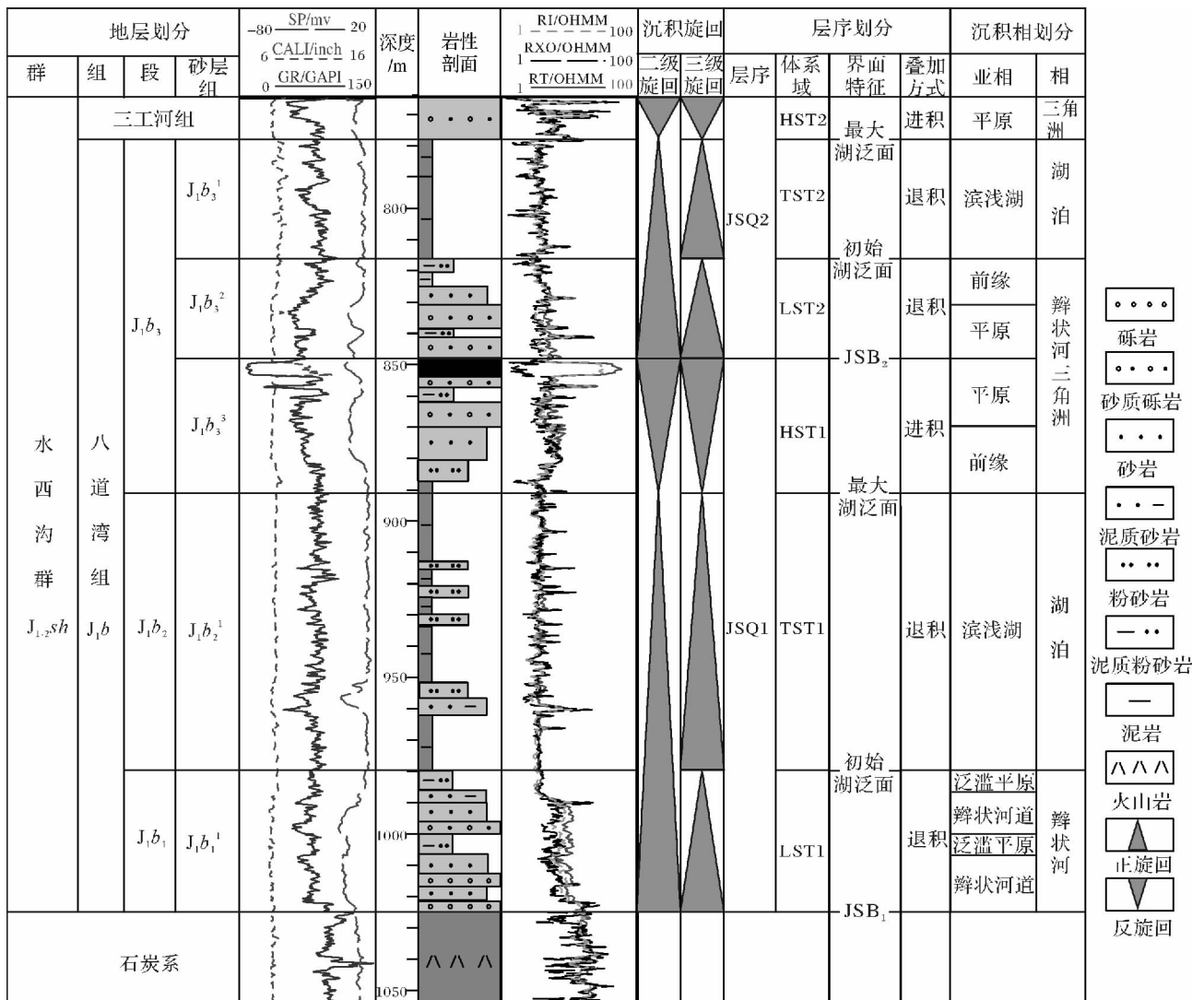


图3 滴水泉地区八道湾组层序沉积综合柱状图

Fig.3 The column of strata classification of Badaowan Formation in Dishuiquan area

剖面上,初始湖泛面处岩石类型由砂砾岩变为泥岩,沉积物颜色由浅灰色变为深灰色。(3)在测井曲线上,初次湖泛面之下电性特征为低自然伽马、低自然电位、高电阻率,而界面之上的电性特征为高自然伽马、高自然电位、低电阻率(图3)。

在研究区侏罗系八道湾组中可识别出两个最大湖泛面,其中发育于八二段顶部的最大湖泛面是本区侏罗系最大一次湖侵的反映。最大湖泛面的识别标志有:(1)沉积相类型发生突变。JSQ1的最大湖泛面之下主要以湖泊相为主,界面之上也是以辫状河三角洲相为主;JSQ2的最大湖泛面之下主要以湖泊相为主,而界面之上以三角洲相为主。(2)准层序组的叠置样式发生变化。最大湖泛面之下准层序组常呈退积叠置样式,而界面之上准层序组多呈进积叠置样式。(3)在岩性录井剖面上,最大湖泛面处的岩性较细,以泥岩为主,沉积物颜色由深灰色变为浅灰色。(4)最大湖泛的测井曲线表现为高自然伽马、低自然电位、尖峰状高电阻、位于测井曲线总体变化趋势的拐点处。

### 2.3 层序地层格架的建立

基于地震、测井和岩芯数据,运用层序地层学理论建立起滴水泉地区八道湾组的层序地层格架。滴水泉地区侏罗系八道湾组沉积经历了一个先退积、后进积、再退积的过程。八道湾组整体为“一个半”三级层序,进一步将其划分为5个体系域,这5个体系域以2个初始湖泛面、2个最大湖泛面和八三段中部稳定煤层为界限。侏罗纪早期,滴水泉地区发育多级地形坡折,层序叠置样式主要由低位、湖侵和高位体系域构成,八道湾组底部的区域性不整合面作为层序底界JSB<sub>1</sub>,八道湾组上部区域性稳定分布的煤层顶面作为层序顶界JSB<sub>2</sub>,即将八道湾组中下部及上部的一部分划分为一个层序,从下往上依次为低位体系域、湖侵体系域、高位体系域,其上部的低位体系域、湖侵体系域与上覆三工河组下段高位体系域合起来为另一个层序。

## 3 沉积相类型及特征

滴水泉地区八道湾组共识别出辫状河、辫状河三角洲和湖泊3种沉积相类型、5种沉积亚相类型和10种沉积微相类型<sup>[14-18]</sup>。

### 3.1 辫状河

研究区辫状河沉积包括辫状河道亚相和泛滥平原亚相。在垂向上表现为辫状河特有的“二元结构”

(图4A),底层沉积发育良好,厚度较大;而顶层沉积不发育,厚度较小。底层沉积的粒度粗,砂砾岩发育;而顶层沉积的粒度细,泥岩发育,总体呈辫状河缓慢后退,湖平面逐渐上升的沉积特征。

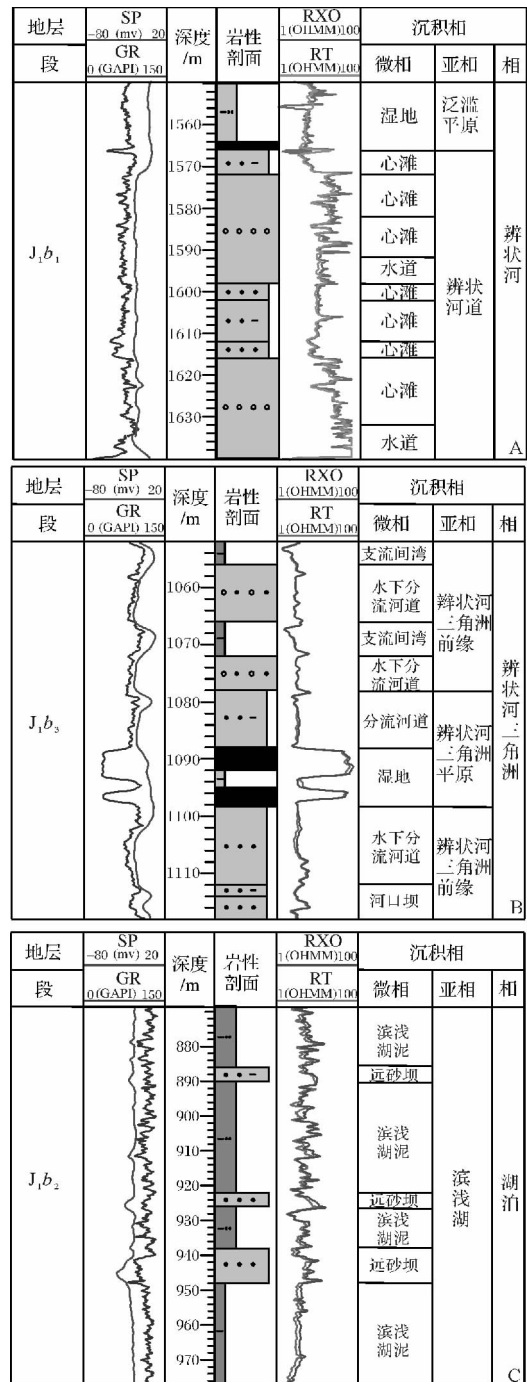


图4 滴水泉地区八道湾组测井曲线特征

Fig. 4 The logging curve characteristics of Badaowan Formation in Dishuiquan area

辫状河道亚相是由多期辫状河道加积作用形成,包括水道和心滩2个沉积微相。水道沉积常位于单

期辫状河道底部,为河床滞留沉积,其所代表的水动力条件很强,由浅灰色中砾岩组成,厚度不大,在水道底部常发育冲刷面(图5A),测井曲线以高幅箱形为主。心滩沉积位于水道之上,是辫状河道中标志性的沉积微相,以浅灰色细砾岩为主,向上逐渐变为粗砂岩,单层厚度多为5~10 m,砾石磨圆度较差,以次棱角一次圆状为主,分选性较差,常发育正粒序层理和大型槽状、板状交错层理(图5B),测井曲线以中—高幅的箱形或钟形为主。

泛滥平原亚相在研究区内主要发育湿地沉积微相,岩性以灰色粉砂岩和泥岩为主,夹有少量厚度不等的煤层,常见水平层理(图5C),测井曲线上呈低幅平直状或指状。

### 3.2 辫状河三角洲

研究区辫状河三角洲沉积包括辫状河三角洲平原亚相、辫状河三角洲前缘亚相。在垂向上辫状河三角洲沉积序列自下而上依次出现辫状河三角洲前缘、辫状河三角洲平原和辫状河三角洲前缘(图4B),总体呈辫状河三角洲先扩大再缩小,水体先下降后上升的沉积特征。

研究区辫状河三角洲平原包括分流河道和湿地2个沉积微相。分流河道由浅灰色砾质砂岩和中细

砂岩组成,沉积构造以板状或槽状交错层理(图5D)为主,砂体底部发育冲刷面,测井曲线以中—高幅的箱形为主。湿地以灰黑色薄层煤线或煤系碎屑物(图5E)为主,为洪水期水体漫过河道,在河道之间低洼地形成的沉积,测井曲线以低幅线形为主。

研究区辫状河三角洲前缘包括水下分流河道、支流间湾、河口坝和远砂坝4个沉积微相。水下分流河道主要由浅灰色含砾砂岩和中细砂岩组成,具有向上变细的正粒序,常发育交错层理、波状层理及冲刷充填构造(图5F),测井曲线以高幅箱形、钟形为主。支流间湾岩性以深灰色粉砂岩和泥岩为主,发育水平层理,测井曲线以低幅钟形、线形为主。河口坝岩性为细砂岩,具有向上变粗的逆粒序,颗粒分选好,磨圆好到中等,由于波浪的淘洗作用,泥质含量低,常见波状交错层理(图5G),测井曲线以中低幅漏斗形为主。远砂坝由粉砂岩和细砂岩组成,纵向上相带窄,单层厚度多为2~4 m,沉积构造以水平纹理为特征,测井曲线以中低幅指形为主。

### 3.3 湖泊

研究区湖泊沉积主要发育滨浅湖亚相,以滨浅湖泥沉积微相为主。由于碎屑物的供应与湖泊水体的相互作用,滨浅湖泥往往同辫状河三角洲前缘的远砂

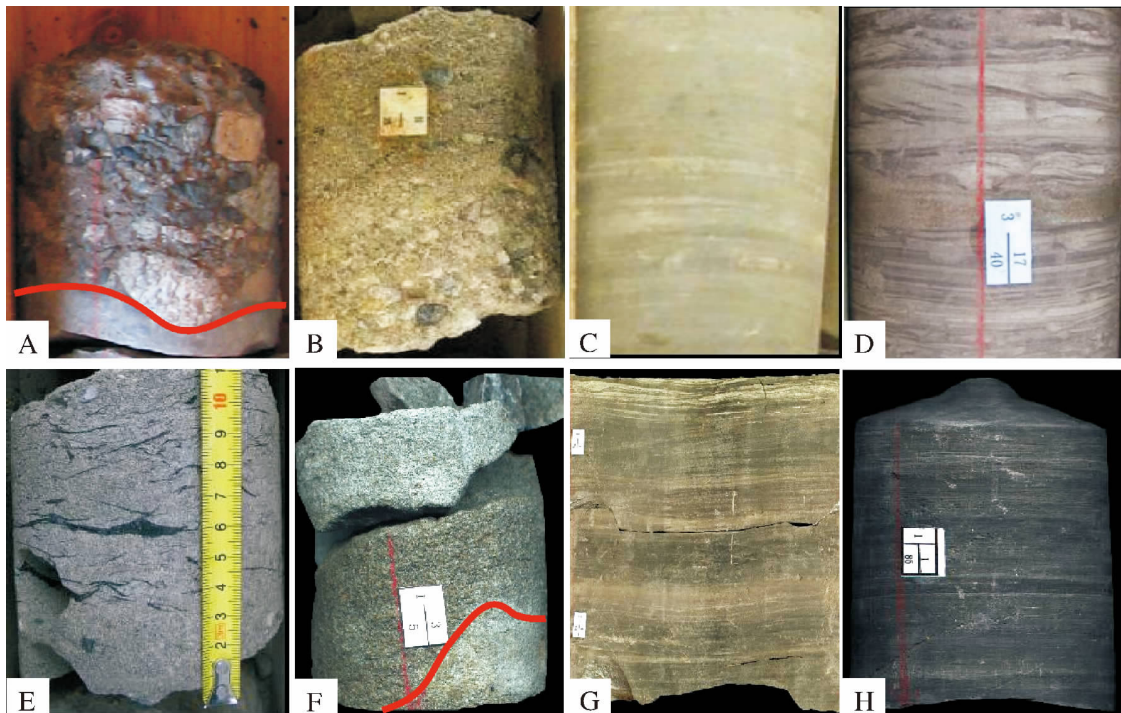


图5 滴水泉地区八道湾组岩芯沉积特征

A. 中砾岩,冲刷面,滴307井,1 257.3 m; B. 细砾岩,正粒序层理,滴223井,1 221.1 m; C. 泥岩,水平层理, D220井,1 053.6 m; D. 中细砂岩,槽状交错层理, D202井,1 058 m; E. 中砂岩,含煤系碎屑物, D202井,1 054.2 m; F. 含砾砂岩,冲刷充填构造,滴15, 921.4 m; G. 细砂岩,波状交错层理,滴9井,1 173.3 m; H. 泥岩,水平层理,滴301井, 968.5 m

Fig.5 The core characteristics of Badaowan Formation in Dishuiquan area

坝呈薄互层状频繁交互(图4C)。滨浅湖泥由深灰色泥岩和粉砂质泥岩组成,常见水平纹理和块状层理(图5H)。测井曲线以中低幅的齿形为主。

#### 4 层序充填及沉积演化特征

八道湾组是侏罗纪早期沉积,是继三叠纪末构造抬升之后的第一个湖侵湖退旋回,垂向序列由下而上发育粗—细—较粗的完整旋回,沉积相表现为河流—湖泊—三角洲的演化过程(图6)。八道湾组沉积期构造活动相对稳定,期间伴随区域性湖底的震荡性抬升和下降,气候暖温潮湿。研究区受准噶尔盆地东部古水系的影响,在克拉美丽山前形成近东—西向展布的沉积体系,整个八道湾组沉积在时空分布上具有继承性和变化性。

JSQ1层序低位体系域形成于八道湾组一段沉积时期,多由进积式准层序组组成。受印支运动的影响,克拉美丽山发生强烈隆升。由于区内长期遭受剥蚀,东北部古剥蚀区的八道湾组早期沉积几乎全部缺失,仅在西南部古斜坡区与古低凹区有所分布。该时期气候湿润多雨,水量充沛,由北东方向的克拉美丽山提供物源,在山前斜坡区沿盆地边缘堆积了以粗粒沉积为主的巨大河流体系。在经历了前期粗粒沉积

之后研究区古地形变得平缓,区内表现为大面积的准平原化,由于湖平面缓慢上升引起区域性地下水位抬升,造成研究区内形成大面积的湿地沉积。这套低位域沉积对侏罗系之前的起伏地形起到填平补齐的作用,反映了侏罗纪早期地势差降大,沉积物快速充填的沉积特点。JSQ1层序低位体系域的砂砾岩是侏罗系的主要储层段之一。

JSQ1层序湖侵体系域形成于八道湾组二段沉积时期,向上为退积式准层序组组成。由于湖盆基底的高幅度快速抬升,整个准噶尔盆地发生了一次大规模的湖侵。随着湖平面扩张,湿地环境直接演化成湖泊环境,地形差异逐渐变小,湖进由西南向北东方向上超,最大湖泛面可达研究区先前古剥蚀区的东侧,工区内分布广阔的湖泊相沉积,反映了JSQ1层序低位体系域充填夷平后的首次大规模湖侵,也是侏罗纪最大规模的一次湖侵。该时期形成的湖相泥岩是低位域河流相储层的有利盖层。

JSQ1层序高位体系域形成于八道湾组三段早期沉积期,主要为进积式准层序组。伴随构造抬升作用的减弱,湖侵范围达最大,辫状河三角洲向湖盆推进,发育辫状河三角洲前缘和辫状河三角洲平原进积沉积物,在高位体系域的顶部造成大面积湿地化,形成

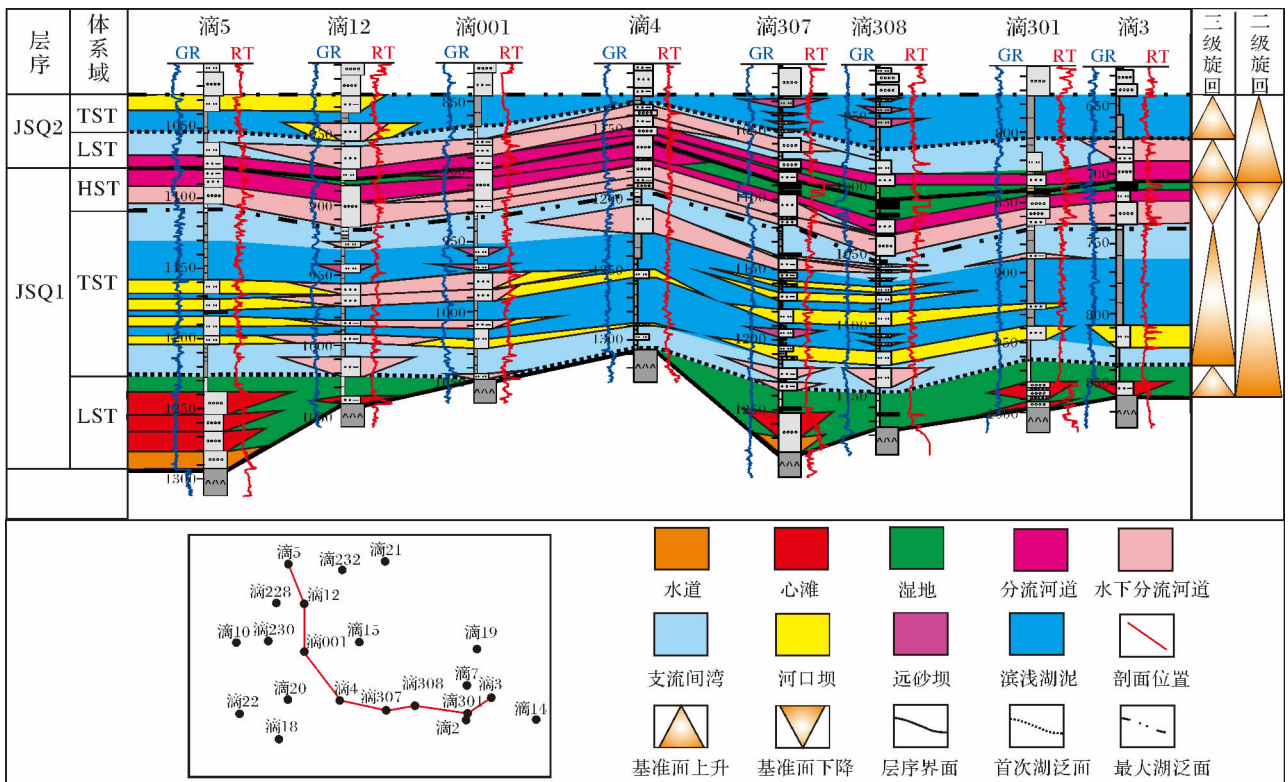


图6 滴水泉地区八道湾组层序沉积连井模式图

Fig. 6 Each sequence sedimentary evolution model of Badaowan Formation in Dishuiquan area

一套较厚的煤层沉积。发育大型辫状河三角洲是JSQ1层序高位域的最大特色,辫状河三角洲砂体延伸可达数十千米。在辫状河三角洲平原上广泛发育湿地沉积,是这一体系域的又一特点。

JSQ2层序低位体系域形成于八道湾组三段中期沉积期,向上多为进积式准层序组。该时期构造活动趋于稳定,研究区主要发育辫状河三角洲沉积,这一特点与JSQ1层序低位域辫状河发育形成鲜明对照。因为JSQ1层序初期为侏罗系沉积的填平补齐阶段,地形起伏、高差大,剥蚀作用强烈,辫状河发育;而JSQ2层序沉积时期源区剥蚀程度降低,物源供应中粗碎屑物质减少,三角洲必然会占据主导地位。三角洲相的出现也不同于JSQ1层序的低位域,JSQ1层序和JSQ2层序之间没有巨大的沉积间断面,JSQ2层序低位域三角洲的发育与JSQ1层序高位域沉积往往带有一定的继承性。

JSQ2层序湖侵体系域形成于八道湾组三段晚期沉积期,多由退积式准层序组组成。由于该时期湖盆基底再次发生构造抬升,湖平面快速上升,研究区内主要形成湖泊相沉积,是继JSQ1层序湖侵体系域以来第二个湖泊相广泛发育时期。八道湾晚期湖平面的上升使地形进一步夷平,为三工河期提供了不同于八道湾期的沉积环境。

## 5 有利区带预测

通过上述层序地层和沉积相的综合分析认为:滴水泉地区八道湾组发育的辫状河道砂体和辫状河三角洲分流河道砂体是有利的储集砂体,储层孔隙度0.8%~28.6%,平均17.14%,渗透率 $0.003 \mu\text{m}^2 \sim 2324.0 \mu\text{m}^2$ ,平均 $9.5 \mu\text{m}^2$ 。从砂体在层序中发育的位置来看,储集砂体主要发育于低位和高位体系域,区域性的泥岩盖层主要发育于湖侵体系域<sup>[19-20]</sup>。滴水泉地区八道湾组主要发育2套大的储盖组合,JSQ1低位体系域形成的辫状河道砂体具有对早期形成的沟谷型古地貌填平补齐的作用,可作为良好的储层;JSQ1湖侵体系域形成的湖相泥岩可作为下伏储层的有利盖层;JSQ1高位体系域和JSQ2低位体系域形成的辫状河三角洲分流河道砂体可与JSQ2湖侵体系域的湖相沉积结合,形成良好的储盖组合。滴水泉地区侏罗系原油均来自东道海子凹陷—五彩湾凹陷二叠系平地泉组。由于该区地质历史时期构造运动复杂,断裂和不整合面较为发育,因此具备良好的垂向和侧向油气运移条件。

据G R Baum统计,世界上大部分油气田86%的储量赋存于低位域中,只有12%与湖侵域有关,2%与高位域有关<sup>[21]</sup>。准噶尔盆地侏罗系油气藏的个数和探明储量在低位域中占有绝对优势,是由低位体系域砂体相对优越的储集性能及低位体系域砂体与湖侵体系域泥岩构成的良好储盖组合条件所决定的。

本次研究中基于滴水泉地区八道湾组的三维地震解释成果,选取全区稳定分布于八道湾组底砾岩之上的含煤泥岩段作为地区性标志层进行层拉平对比,从而恢复八道湾组沉积前的古地貌特征。从图7中可看出,绿色、黄色区域为古剥蚀区,红色、褐色区域为古斜坡区,蓝色和紫色区域为古低凹区。八道湾组沉积地层具有“凹凸相间”的沉积特点;底部砂体沿古沟谷部位最为发育,垂向多个叠置分布,砂体向高部位依次尖灭。由于滴水泉地区紧邻盆地边缘,自石炭系以来长期遭受风化剥蚀和山间水流的侵蚀而在山前斜坡区的出山口处易形成了喇叭状的沟谷型古地貌。古沟谷是流域水系和碎屑物入湖的位置,并控制了砂、砾岩体发育的位置。古沟谷本身可以作为储集体,同时控制了砂体的分散体系格局。目前滴水泉地区八道湾组中已发现的油藏纵向上集中位于JSQ1低位体系域,平面上主要分布在克拉美丽山前古斜坡带与古沟谷相交处,如滴12井区和滴2井区八道湾组油藏。根据滴12、滴2和滴301等井的统计结果,JSQ1低位体系域河道砂岩孔隙度13.2%~28.6%,平均20.5%,渗透率 $5.49 \mu\text{m}^2 \sim 2324.00 \mu\text{m}^2$ ,平均 $138.6 \mu\text{m}^2$ ,其孔隙度渗透率均较好。滴水泉地区目前共识别出7个古沟谷,已开发的滴12和滴2井区即位于③与⑦号古沟谷中,近期又在位于另外②、⑤、⑥号古沟谷中的滴231井、滴20井、滴307井八道湾组底部获得工业油气流。由于JSQ低位体系域发育辫状河道砂体,其岩性的横向变化易形成油气的侧向遮挡。因此,研究区八道湾组沟谷型古地貌可与JSQ1低位体系域广泛分布的辫状河道砂体组合形成地层—岩性圈闭,是研究区最有利的勘探目标(图7)。

## 6 结论

(1) 以层序地层学理论为指导,通过对全区范围内的地震、钻井、测井和岩芯等资料的综合研究,将准噶尔盆地滴水泉地区的八道湾组划分为“一个半”三级层序和5个体系域,整体经历了一个先退积、后进积、再退积的过程。

(2) 以沉积学理论为指导,在层序格架内进行沉

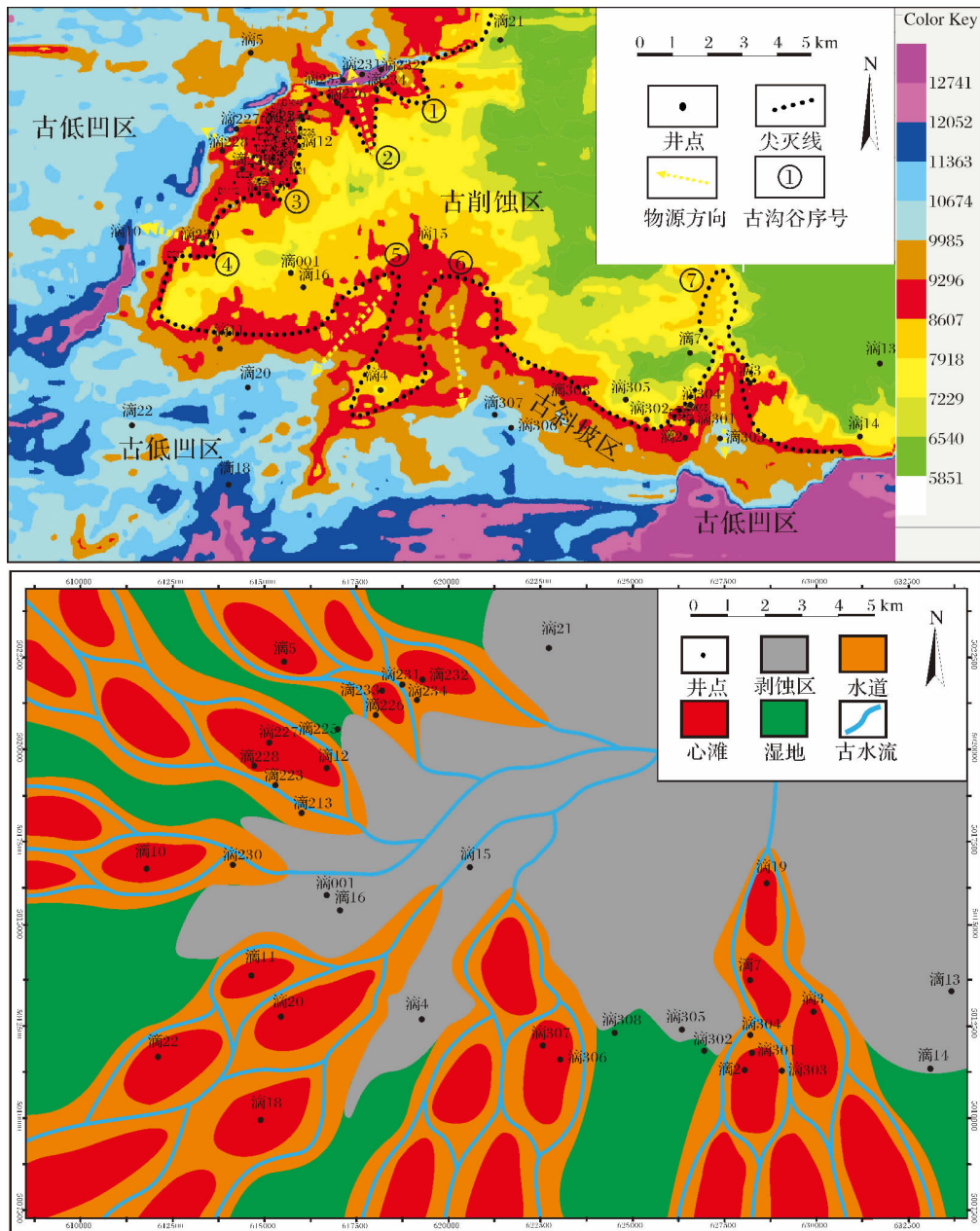


图 7 滴水泉地区八道湾组古地貌特征与沉积相展布图

Fig. 7 Paleogeography characteristics and distribution of sedimentary facies of Badaowan Formation in Dishuiquan area

积相划分和沉积体系研究,其内识别出辫状河、辫状河三角洲和湖泊 3 种沉积相类型、5 种沉积亚相类型和 10 种沉积微相类型。JSQ1 层序低位体系域以辫状河沉积为主,湖侵体系域主要发育滨浅湖沉积,高位体系域以辫状河三角洲沉积为主;JSQ2 层序低位体系域与 JSQ1 层序高位域沉积有一定的继承性,主要发育辫状河三角洲沉积,而湖侵体系域以滨浅湖沉积为主。

(3) JSQ1 低位体系域的辫状河砂体与 JSQ1 高

位体系域和 JSQ2 低位体系域形成的辫状河三角洲砂体是滴水泉地区八道湾组发育的有利储集砂体。研究区八道湾组沟谷型古地貌可与 JSQ1 低位体系域广泛分布的辫状河道砂体组合形成地层-岩性圈闭,是研究区最有利的勘探目标。

### 参考文献 (References)

- 1 袁选俊,薛良清,池英柳,等. 坳陷型湖盆层序地层特征与隐蔽油气藏勘探—以松辽盆地为例[J]. 石油学报, 2003, 24(3): 11-15 [Yuan Xuanjun, Xue Liangqing, Chi Yingliu, et al. Sequence strati-



- graphic and subtle-trap characteristics of lacustrine depression basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2003, 24(3): 11-15]
- 2 董伟,林畅松,秦成岗,等. 珠江口盆地番禺低隆起韩江组高精度层序格架和沉积样式与岩性地层圈闭的发育分布[J]. *现代地质*, 2008, 22(5): 794-802 [Dong Wei, Lin Changsong, Qin Chenggang, et al. High resolution sequence framework, depositional pattern and litho-stratigraphic traps of Hanjiang Formation in Panyu Uplift, Pearl River Mouth Basin [J]. *Geoscience*, 2008, 22(5): 794-802]
  - 3 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 the Cretaceous sequence-stratigraphic pattern and controlling factors in Kuqa foreland basin [J]. *Acta Geologica Sinica* 2006 80(3): 382-389]
  - 4 胡平,徐恒,李新兵,等. 准噶尔盆地东部侏罗纪含煤岩系沉积环境及基准面旋回划分[J]. *沉积学报*, 2006, 24(3): 377-386 [Hu Ping, Xu Heng, Li Xinbing, et al. Sedimentary environments and the stratigraphic base-level cycle division of Jurassic coal measures in the east of Junggar Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2006, 24(3): 377-386]
  - 5 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]
  - 6 朱筱敏,康安,张琴,等. 准噶尔盆地东北缘侏罗系含煤岩系层序地层和隐蔽圈闭[J]. *石油与天然气地质*, 2002, 23(2): 121-126 [Zhu Xiaomin, Kang An, Zhang Qin, et al. Sequence stratigraphy of Jurassic coal-bearing measure and subtle trap in the northeast edge of Junggar basin [J]. *Oil & Gas Geology* 2002 23(2): 121-126]
  - 7 方国庆,李育慈,刘德良. 准噶尔盆地东北缘中一下侏罗统层序地层与油气[J]. *地质科学*, 2000, 35(4): 414-420 [Fang Guoqing, Li Yuci, Liu Deliang. Sequence stratigraphy and petroleum of Middle to Lower Jurassic in the north-eastern margin of the Junggar Basin [J]. *Chinese Journal of Geology* 2000 35(4): 414-420]
  - 8 王建新. 准东滴水泉油田八道湾组退积型冲积扇沉积微相识别[J]. *新疆石油地质*, 2011 32(5): 489-491 [Wang Jianxin. Identification of sedimentary microfacies in retrograding alluvial fan of Badaowan Formation in Dishuiquan Oilfield in eastern Junggar Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology* 2011 32(5): 489-491]
  - 9 吴因业. 吐哈盆地侏罗系含煤沉积层序特征研究[J]. *石油勘探与开发*, 1995, 22(5): 35-39 [Wu Yinye. A study on depositional sequence feature of Jurassic coal formation in Tu-Ha Basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1995, 22(5): 35-39]
  - 10 吴因业. 煤层——一种陆相盆地中的成因层序边界[J]. *石油学报*, 1996, 17(4): 28-34 [Wu Yinye. Coal layers: a genetic sequence boundary in continental basins [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1996, 17(4): 28-34]
  - 11 何志平,邵龙义,康永尚,等. 准噶尔盆地侏罗系八道湾组聚煤作用控制因素分析[J]. *沉积学报*, 2004, 22(3): 449-454 [He Zhiping, Shao Longyi, Kang Yongshang, et al. Analysis on controls of the coal accumulation in the Jurassic Badaowan Formation, Junggar Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22(3): 449-454]
  - 12 Van Wagoner J C, Posamentier H W, Mitchum R M, et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions [C]//Wilgus C K, et al., eds. *Sea level changes: an integrated approach: SEPM Special Publication 42*, 1988: 39-45
  - 13 Van Wagoner J C, Mitchum R M, Campion K M, et al. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops [M]. *Houston: AAPG Methods in Exploration*, 1990: 1-55
  - 14 常迈,韩军,刘震,等. 准噶尔盆地阜东斜坡带石树沟群地震相分析及沉积体系预测[J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*, 2006, 21(6): 20-24 [Chang Mai, Han Jun, Liu Zhen, et al. Analysis of seismic facies and prediction of sedimentary system of Shishugou Group on the East Fukang Slope of Zhungeer Basin [J]. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition* 2006, 21(6): 20-24]
  - 15 张琴,朱筱敏,张满郎. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系地震相研究[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2001, 25(1): 72-76 [Zhang Qin, Zhu Xiaomin, Zhang Manlang. Seismic facies of Jurassic System on East Fukang Slope in the Junggar Basin [J]. *Journal of University of Petroleum: Natural Science Edition*, 2001, 25(1): 72-76]
  - 16 金振奎,苏奎,张永生,等. 湿地的沉积特征及石油地质意义[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2011, 35(3): 1-6 [Jin Zhenkui, Su Kui, Zhang Yongsheng, et al. Depositional characteristics and petroleum geological significance of wetland [J]. *Journal of University of Petroleum: Natural Science Edition* 2011 35(3): 1-6]
  - 17 金振奎,王兆峰,顾军锋,等. 准噶尔盆地东部台13井区八道湾组水流及砂体延伸方向[J]. *新疆石油地质*, 2010, 31(4): 356-357 [Jin Zhenkui, Wang Zhaofeng, Gu Junfeng, et al. Paleocurrent and sands extending directions of Badaowan Formation in Well Tai-13 Area in Eastern Junggar Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2010, 31(4): 356-357]
  - 18 任兵,廖荣峰,陈勇,等. 准噶尔盆地滴南凸起八道湾组煤系沉积环境及层序[J]. *新疆石油地质*, 2010, 31(3): 245-247 [Ren Bing, Liao Rongfeng, Chen Yong, et al. Coal measures sedimentary environment and sequence stratigraphy of Badaowan Formation in Dinan uplift in Junggar Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2010, 31(3): 245-247]
  - 19 王英民,刘豪,王媛. 准噶尔盆地侏罗系非构造圈闭的勘探前景[J]. *石油勘探与开发*, 2002, 29(1): 44-47 [Wang Yingmin, Liu Hao, Wang Yuan. The exploration prospect of nonstructural traps of Jurassic in Junggar basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2002, 29(1): 44-47]
  - 20 郝志伟,苏朝光,闫昭岷,等. 凹陷缓坡带沟谷分析及其对油气成藏的影响[J]. *石油地球物理勘探*, 2007, 42(4): 463-467 [Hao Zhiwei, Su Chaoguang, Yan Zhaomin, et al. Analysis of valley on gently-dipping slope of sag and affect on hydrocarbon reservoir [J]. *Oil Geophysical Prospecting*, 2007, 42(4): 463-467]
  - 21 王仁冲,徐怀民,刘楼军,等. 准噶尔盆地滴南凸起水西沟群层序地层特征[J]. *石油勘探与开发*, 2009, 36(5): 601-608 [Wang Renchong, Xu Huaimin, Liu Loujun, et al. Sequence stratigraphy of Shuixigou Group at Denan uplift, Junggar Basin, NW China [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2009, 36(5): 601-608]

## Sequence Stratigraphy and Prediction of Favorable Zones for Hydrocarbon Exploration of Badaowan Formation in Eastern Junggar Basin

WANG Zhe<sup>1 2</sup> JIN Zhen-kui<sup>1 2</sup> FU Jing<sup>1 2</sup> GUO Shou-bo<sup>3</sup>

(1. College of Geosciences in China University of Petroleum, Beijing 102249;

2. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting in China University of Petroleum, Beijing 102249;

3. Baikouquan Production Plant of Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay, Xinjiang 834000)

**Abstract:** Dishuiquan Area is located in slope area of Kalameili Mountain in the eastern Junggar Basin; at the south are Wucaiwan Depression and Dongdaohaizi Depression; at the west is Dishuiquan Depression. By using of the theory and method of sequence stratigraphy and sedimentology and the data of seismic, well drilling, well logging and core, the authors establish the sequence stratigraphic framework and divide sedimentary facies of Jurassic Badaowan Formation in the Dishuiquan Area.

The sequence of Badaowan Formation is one and half, including 5 system tracts divided by two FFS, two MFS and the stable core inner  $J_1b_3$ . The whole experiences the process of retrogradation, progradation and then retrogradation again. Multilevel topographic breaks developed in the Dishuiquan Area in the early Jurassic. Superimposing patterns of system tracts are lowstand system tract, lacustrine transgressive system track and highstand system tract. As is mentioned above, JSB1 is the bottom boundary of the sequence and JSB2 as the top boundary. We divide the middle and lower part with the lower up part of Badaowan Formation into one sequence, from up to down, including lowstand system tract, lacustrine transgressive system track and highstand system tract. Its upper part of the lowstand system tract and lacustrine transgressive system track together with the lower member of Sangonghe Formation of highstand system tract make up another sequence.

The Badaowan Group is the first lake influx lake retreat cycle after the late Triassic tectonic uplift, which has the vertical sequence of bottom-up development of coarse to fine to coarse complete cycle, and the sedimentary facies perform for the evolution of river-lake-delta. The tectonic activity of Badaowan depositional period is relatively stable, accompanied with regional sublacustrine concussion, and the climate is wet warm. Influenced by ancient water system in the eastern part of the Junggar Basin, the study area constitutes the sedimentary system with east-west trending. The whole Badaowan Formation deposition in the time and space distribution has the inheritance and variability.

The Badaowan Group in the study area mainly developed three kinds of deposition types, which are braided, braided river deltas and lakes, five kinds of sedimentary subfacies types and 10 kinds of sedimentary microfacies type. Braid-river deposits in the study area including the braided channel subfacies and floodplain subfacies, expressed as the peculiar asymmetry of the braided river "dual structure" in vertical. Braided river delta deposition of the study area included braided river delta plain subfacies, braided river delta front subfacies.

Viewing from the position of the sand body developing in the sequence, the reservoir sand bodies develop mainly in the low and high system tract, regional mudstone caprock mainly develop in the transgressive systems tract. The Badaowan formation in Dishuiquan area mainly develop two sets of large reservoir-cap combination. JSQ1 lowstand system tract formation of braided channel sand body has the role of filling the early valleys, also can be used as good reservoir. JSQ1 lake transgressive system tract formation of lacustrine facies mudstone can be used as underlying reservoir favorable cover; JSQ1 high system tract and JSQ2 lowstand system tract formation of braided river delta distributary channel sand body and JSQ2 lake transgressive system tract of lake deposition can be combined to form a reservoir-seal assemblage. Due to the JSQ lowstand system tract developing braided channel sand body, the lateral variation in lithology easy to form the oil and gas lateral occlusion. Therefore, the palaeogeomorphology of valley in study area of Badaowan Formation can be combined with widely distributed braided channel sand body of JSQ1 in the lowstand systems tract to form formation-lithologic trap which is the most favorable exploration targets in the study area.

**Key words:** sequence stratigraphy; sedimentary facies; sequence filling; sedimentary evolution; Junggar Basin; Badaowan Formation