

准噶尔盆地东部滴水泉地区侏罗系八道湾组沉积特征与沉积演化模式

王哲^{1,2}, 金振奎^{1,2}, 刘学功³, 付晶^{1,2}, 高白水^{1,2}, 姚梦竹^{1,2}

(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:在对区域地质、岩心、测井及地震资料分析的基础上,研究了准噶尔盆地东部滴水泉地区侏罗系八道湾组沉积特征、沉积相展布特征及沉积演化模式。结果表明:研究区八道湾组主要发育辫状河、辫状河三角洲和湖泊3种沉积相类型,可进一步细分为辫状河道、泛滥平原、辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘及滨浅湖5种亚相类型,以及水道、心滩、湿地、分流河道、水下分流河道、支流间湾、河口坝、远砂坝和滨浅湖泥9种微相类型。 J_1b_1 段沉积期,由北东方向的克拉美丽山提供物源,分别向南、向西发育大范围砾质辫状河沉积; J_1b_2 段沉积期,湖进开始由南西向北东方向上超,湖泊范围可达研究区内的古剥蚀区,分布了广阔的湖泊相沉积; J_1b_3 段沉积期,构造活动强烈,物源供给充沛,大量碎屑物从克拉美丽山进入滴水泉地区,形成辫状河三角洲沉积。准噶尔盆地侏罗纪沉积环境及背景条件具有“沟梁相间、盆大水浅、河长扇短、源多坡缓”的特点,结合研究区的沉积特征及沉积展布特征,提出研究区为辫状河—湖泊—辫状河三角洲相结合的沉积演化模式。

关键词:准噶尔盆地;滴水泉地区;八道湾组;沉积特征;演化模式

中图分类号:TE121.3

文献标志码:A

文章编号:1672-1926(2013)02-0282-10

引用格式:Wang Zhe, Jin Zhenkui, Liu Xuegong, *et al.* Sedimentary characteristics and evolution model of the Jurassic Badaowan Formation in the Dishuiquan area in eastern Junggar basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2013, 24(2): 282-291. [王哲, 金振奎, 刘学功, 等. 准噶尔盆地东部滴水泉地区侏罗系八道湾组沉积特征与沉积演化模式[J]. 天然气地球科学, 2013, 24(2): 282-291.]

0 引言

准噶尔盆地是我国西北部大型含油气盆地之一,盆地东部是重要的油气产区,而侏罗系是准噶尔盆地当前最主要的勘探目的层系。滴水泉油田位于准噶尔盆地东部,是新疆油田公司新近发现的油气资源的重要接替区之一,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、中等规模的优

质高效油藏,这些发现揭示了滴水泉地区侏罗系具有很大的勘探潜力^[1]。前人在准噶尔盆地东部地区沉积相方面做了大量工作,且形成了不同的观点和认识:蒲仁海等^[2]提出准噶尔盆地东部八道湾组为潮湿气候条件下河流、沼泽沉积;史宣玉等^[3]、张琴等^[4]、朱筱敏等^[5]、王仁冲等^[6]认为准噶尔盆地东部 J_1b_1 段为冲积扇及辫状河沉积, J_1b_2 段为湖泊及三角洲沉积, J_1b_3 段为河流三角洲沉积;鲍志东等^[7]提出克拉美丽山前发育冲积扇—辫状河—曲流河—三

收稿日期:2012-11-27;修回日期:2012-12-14.

基金项目:国家重点基础研究发展规划(“973”)项目“中国西部典型叠合盆地有效储集体形成演化与主控因素”(编号:2008AA06Z206);国家重大科技专项“高含水油田提高采收率新技术——典型沉积环境露头解剖和密井网条件下河道内部构型定量表征技术”(编号:2008ZX05010-01-05)联合资助.

作者简介:王哲(1985-),男,新疆克拉玛依人,博士研究生,主要从事沉积学、层序地层学与油气勘探的研究. E-mail: 269971170@qq.com.

角洲—湖泊沉积体系。目前针对滴水泉地区沉积相方面的研究成果较少,仅在对准噶尔盆地东部和滴南凸起的研究中有所涉及,且论证较为粗略,缺少对沉积微相类型、砂体空间展布的进一步描述及沉积演化规律的相应总结。鉴于此,笔者综合利用区域地质、岩心、录井、测井及地震等资料,运用沉积学基本原理和方法,提出判别研究区侏罗系八道湾组沉积相类型的相标志,详细论述各沉积微相特征及各层段沉积相展布规律,并结合相应的沉积背景,建立目的层的沉积演化模式。

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,为近东西走向的鼻状构造,构造上隶属于陆梁隆起的一个二级构造单元,研究区面积约为 935.88km^2 。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,这2个断裂为基底逆冲断裂,是与南北凹陷的分界线。侏罗纪早期,研究区在持续隆起的区域背景下形成了具有超覆性质的侏罗系中下统沉积。由于接近盆地边缘,侏罗纪晚期的构造运动对该区影响剧烈,使其隆升遭受侵蚀,致使侏罗系上统及中统部分地层缺失,甚至下统部分地层遭受剥蚀(图1)。

研究区下侏罗统八道湾组与下伏石炭系呈区域不整合接触,与上覆的侏罗系三工河组为整合接触。岩性纵向上表现为“粗—细—粗”的变化规律,据此可将该组划分为3段,自下而上依次为 J_1b_1 段、 J_1b_2 段和 J_1b_3 段。 J_1b_1 段厚 $0\sim 70\text{m}$,主要由浅灰色砂砾岩组成; J_1b_2 段厚 $80\sim 100\text{m}$,岩性明显比 J_1b_1 段细,主要发育大套深灰色泥岩,夹有少量灰色细砂岩或粉砂岩; J_1b_3 段厚 $100\sim 120\text{m}$,主要为浅灰色含砾砂岩,夹厚 $5\sim 10\text{m}$ 的煤层。其中 J_1b_1 段是研究区重要的含油层位。

2 沉积特征

2.1 沉积相标志

(1)岩性特征:八道湾组主要发育砂砾岩、含砾砂岩、砂岩、泥质粉砂岩及泥岩等。 J_1b_1 段砂砾岩为浅灰色, J_1b_2 段砂岩主要为深灰色, J_1b_3 段含砾砂岩主要为浅灰色。泥岩以灰色、深灰色等还原色为主,植物化石丰富,反映了潮湿气候下的弱还原沉积环境。

(2)岩矿特征:八道湾组储层岩石类型比较单一、岩性较粗,以岩屑砂砾岩或长石质岩屑含砾砂岩为主。岩矿成分主要有凝灰质岩屑、安山质岩屑、石英、长石等。颗粒分选中—差,磨圆度一般为次圆—次棱角状,接触关系为点—线接触,胶结类型为孔隙—接触式胶结。储层成分成熟度和结构成熟度均较低,反映了近物源、快速搬运及堆积的沉积特点。

(3)沉积构造:沉积构造是沉积物沉积时水动力条件的直接反映,包括层面构造和层理构造。八道湾组层面构造主要为砂砾岩底部发育的冲刷面,其上见河底滞留沉积,指示了水道或分流河道沉积。层理构造类型较丰富,砂砾岩中见块状层理和大型槽状、板状交错层理;砂岩见正粒序层理、逆粒序层理、交错层理和波状层理,以交错层理发育最普遍;煤层和泥岩见水平层理和块状构造(图2)。粗粒岩中的冲刷面与交错层理的存在指示了强水动力环境,而细粒岩中的水平层理和块状构造指示了低能静水环境。

(4)粒度特征:不同水动力环境可以造成粒度分布的差异,因此累积粒度概率曲线可以反映出水动力条件的不同与变化。研究区粒径变化范围大,一般为 $0.25\sim 4.0\text{mm}$ 。粒度曲线以2段式为主(图3),缺乏滚动组分。2段式以跳跃总体为主,悬浮总体含量较小。颗粒的偏度为正偏态,一般为 $-0.1\sim 0.42$,峰偏向粗粒度一侧。这些粒度特征说明研究区沉积物以粗组分为主,反映近物源冲积环境下河道沉积的特征。

(5)钻测井响应特征:利用研究区130余口丰富的钻井电测曲线,根据曲线的形态幅度所反映的沉积类型和沉积环境,研究区在测井相上可分为以下5类:①中—高幅的箱形,反映沉积过程中物源供给充分、水动力条件稳定和快速堆积的水道或分流河道沉积;②中—高幅的钟形,反映水流能量逐渐减弱和物源供应越来越少的心滩或水下分流河道沉积;③漏斗形,在全区少见,反映水流能量逐渐增强和物源供应越来越丰富的河口坝沉积;④线形,反映物源供给严重不足,相对较为平静的湖泊沉积;⑤指形,反映水动力条件在相对较弱的背景下发生快速变化,多为远砂坝沉积的产物。在测井剖面上,常见的测井相组合有:箱形—钟形—线形、线形—指形—线形和漏斗形—箱形—钟形等(图4)。

2.2 沉积相类型

从岩心观察描述入手,综合研究其岩性、岩矿、沉积构造、测井相等特征,进行沉积相分析,确定研究区

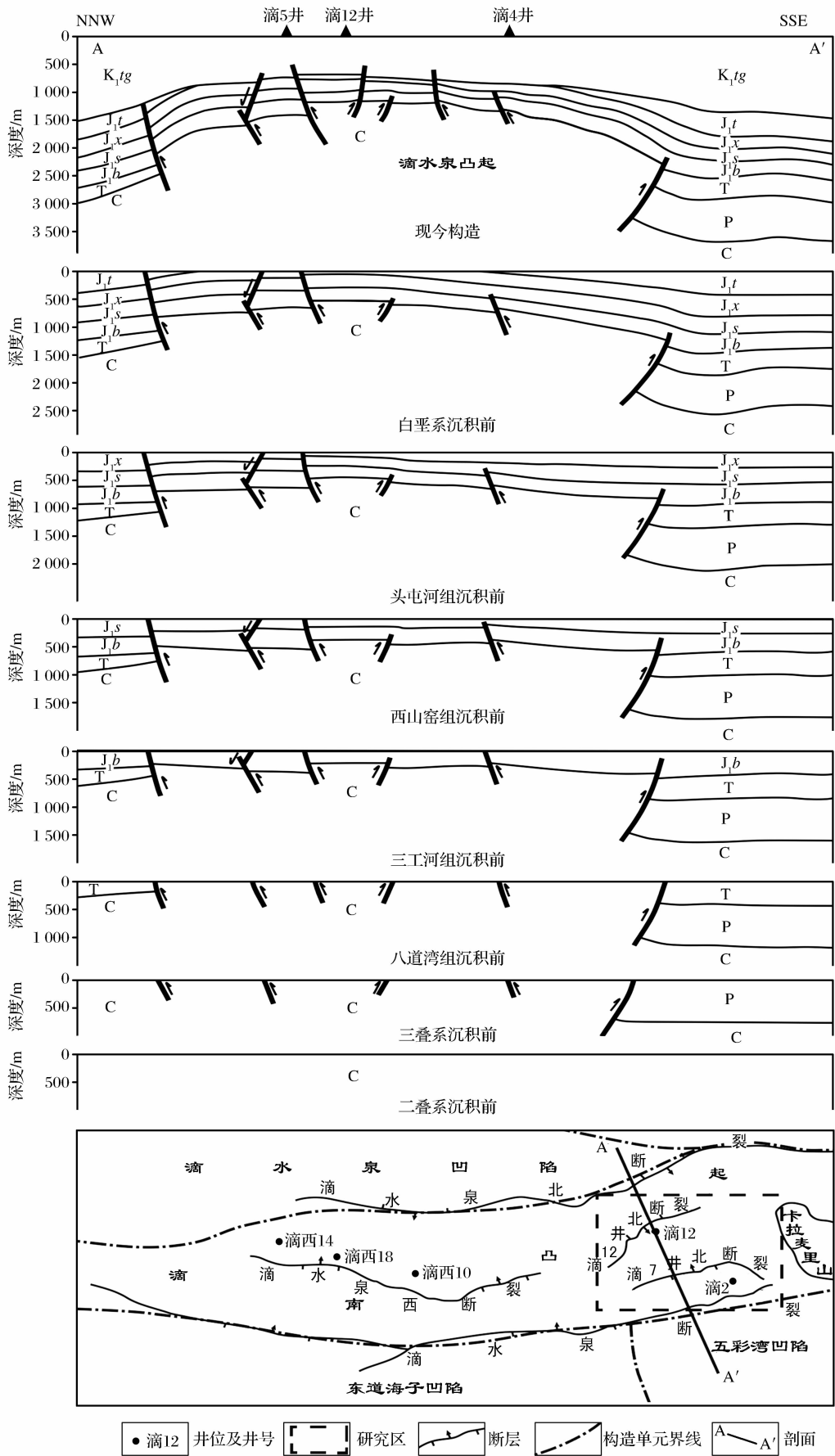


图 1 准噶尔盆地滴水泉地区区域地质背景

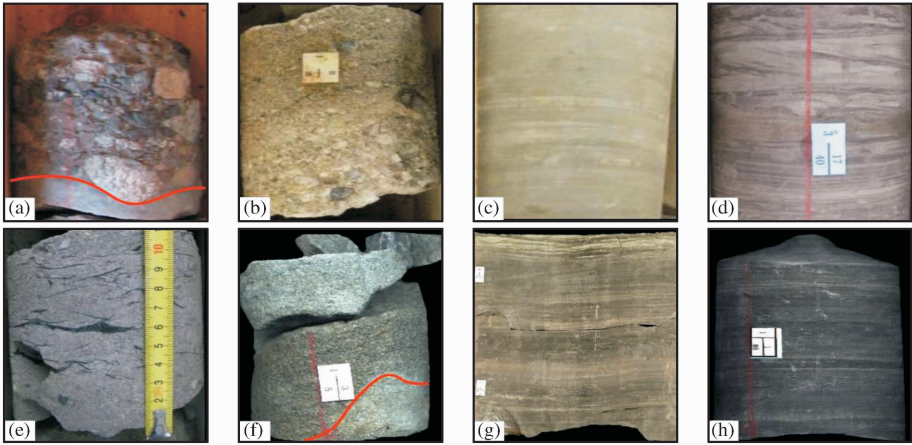


图2 滴水泉地区八道湾组岩心沉积特征

(a)中砾岩,冲刷面,滴307井,1 257.3m;(b)细砾岩,正粒序层理,滴223井,1 221.1m;(c)泥岩,水平层理,滴220井,1 053.6m;
(d)中细砂岩,槽状交错层理,滴202井,1 058m;(e)中砂岩,含煤系碎屑物,滴202井,1 054.2m;(f)含砾砂岩,冲刷充填构造,
滴15井,921.4m;(g)细砂岩,波状交错层理,滴9井,1 173.3m;(h)泥岩,水平层理,滴301井,968.5m

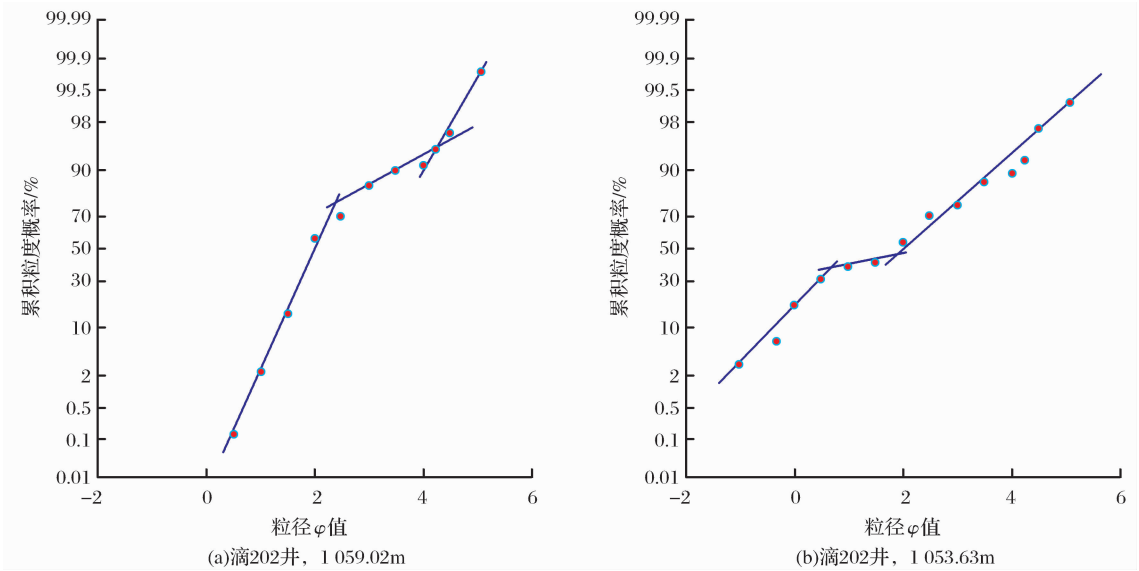


图3 滴水泉地区八道湾组累积粒度概率曲线

八道湾组主要发育辫状河、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9种沉积微相类型,不同微相类型具有各自不同的特征(图4)^[8-14]。

2.2.1 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不对称“二元结构”(图4),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。

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2(a)],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5~10m,砾石磨圆度较差,以次棱角一次圆状为主,分选性较差,常发育块状层理和大型槽状、板状交错层理[图2(b)],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2(c)],测井曲线上呈低幅平直状或指状。

2.2.2 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 4),总体上表现为辫状河三角洲沉积先扩大再缩小,湖平面先下降后上升的特征。

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、灰褐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为主[图 2(d)],砂体底部发育冲刷面,测井曲线以中—高幅的箱形为主。沼泽以灰黑色薄层煤和炭质泥岩沉积为主[图 2(e)],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 2(f)],测井曲线以高幅箱形、钟形为主。支流间湾岩性以灰黑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 2(g)],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 2~4m,沉积构造以水平纹理为特征,测井曲线以中低幅指形为主。

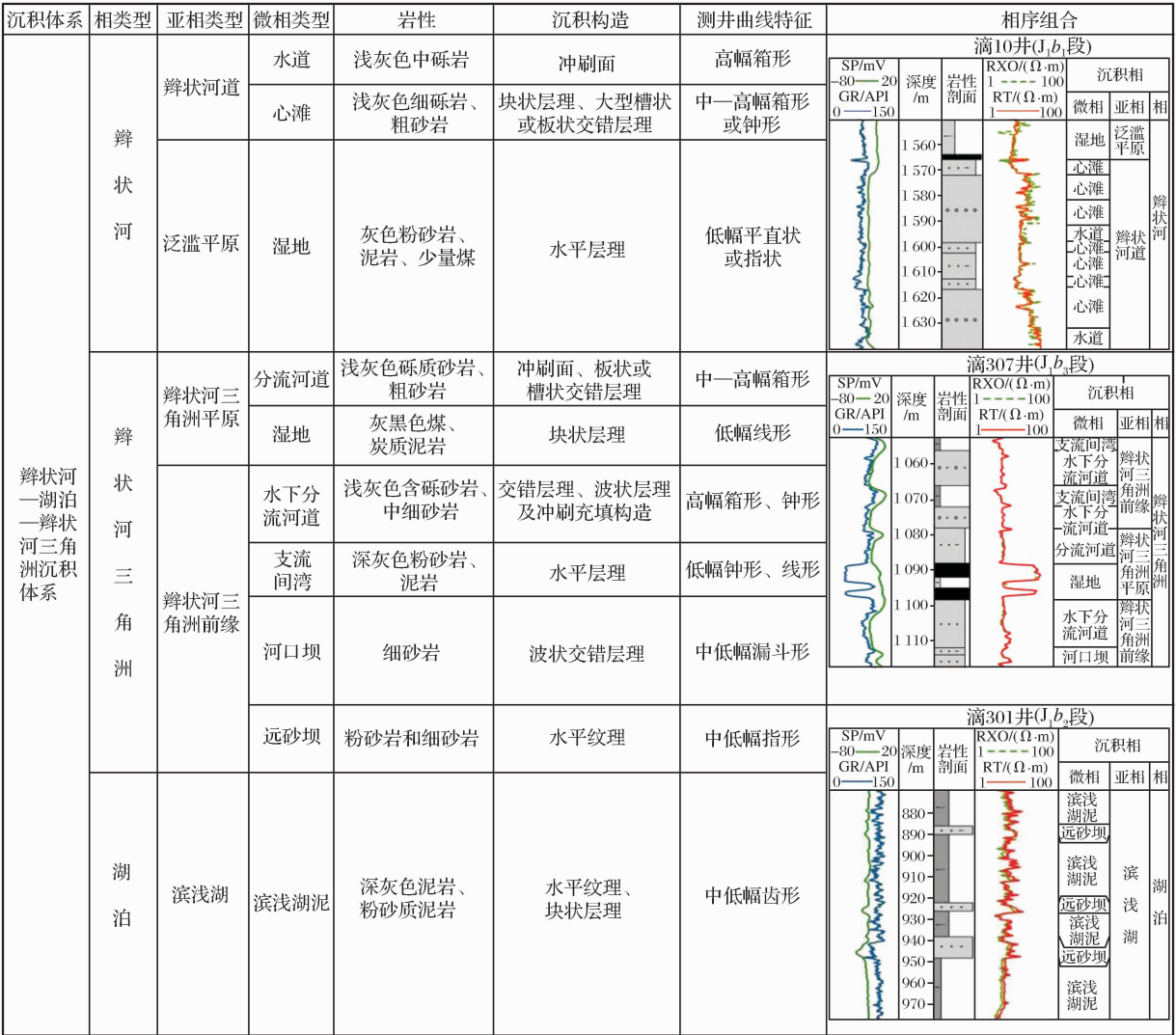


图 4 滴水泉地区八道湾组沉积相类型及特征

2.2.3 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坝呈薄互层状频繁交互(图 4)。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 2(h)]。测井曲线以中低幅齿形为主。

3 沉积相展布特征

本文在单井和连井沉积特征分析的基础上,结合滴水泉地区地层厚度、砂岩厚度及砂岩百分含量图,以层段为编图单元绘制了沉积相平面图,揭示了该区八道湾组各个层段沉积相的平面展布特征。

J₁b₁ 段沉积期,受印支运动的影响,克拉美丽山发生强烈隆升。由于研究区内长期遭受剥蚀,东北部古剥蚀区的八道湾组早期沉积几乎全部缺失,仅在位于西南部古斜坡区与古低凹区的滴 2、滴 12、滴 306 和滴 20 等井区周围有所分布。该时期气候湿润多雨,物源充沛,由北东方向的克拉美丽山提供物源,分别向南、向西方向发育大范围砾质辫状河沉积。受沟谷型古地貌的约束,辫状河道仅在古沟谷及沟谷延伸方向上频繁改道,各沟谷控制下的辫状河道彼此分隔,互不连通,沟谷外侧以发育泛滥平原沉积为主。研究区共发育 6 个沟谷型辫状河道,易形成岩性圈闭油气藏,例如已发现的滴 2 井区和滴 12 井区八道湾组油藏,是侏罗系的主要储层段之一[图 5,图 6(a)]。

J₁b₂ 段沉积期,由于受到燕山 I 幕早期构造运动的影响,湖盆基底高幅度快速抬升,整个准噶尔盆地发生了一次大规模的湖侵,形成湖泊沉积。随着湖泊面积明显扩大,地形差异逐渐变小,陆源碎屑物质向老山方向后退,湖进开始由南西向东北方向上超,湖泊范围可达研究区内古剥蚀区的滴 21 井、滴

15 井和滴 19 井附近,研究区内分布了广阔的湖泊相沉积。此时研究区内物源供给相对较弱,古斜坡之上以辫状河三角洲前缘沉积为主,之下主要为滨浅湖沉积,反映了八道湾组早期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可作为 J₁b₁ 段沉积期辫状河相储层的有利盖层[图 5,图 6(b)]。

J₁b₃ 段沉积期,经过前期的沉积作用,研究区内地形已趋于平缓。受燕山 I 幕晚期构造运动的影响,该时期以低幅度构造活动为主,物源供给充沛,大量碎屑物从克拉美丽山进入滴水泉地区,形成辫状河三角洲沉积。J₁b₃ 段沉积早期,伴随构造抬升作用的减弱,辫状河三角洲向湖盆推进,发育辫状河三角洲平原进积沉积物,辫状河三角洲砂体延伸达数十公里,同时在辫状河三角洲平原上广泛发育沼泽沉积;J₁b₃ 段沉积中期,该时期构造活动趋于稳定,研究区主要发育辫状河三角洲前缘退积沉积物,辫状河三角洲平原以滴 5 井—滴 001 井—滴 307 井—滴 3 井为界与辫状河三角洲前缘相接,与八道湾组早期相比,物源区剥蚀程度有所降低,物源供应中粗碎屑物质减少;J₁b₃ 段沉积晚期,由于该时期湖盆基底再次发生构造抬升,湖平面快速上升,研究区内以滨浅湖亚相广泛分布为主要特点,是八道湾组中期以来第 2 个湖泊相广泛发育时期。J₁b₃ 段沉积早期和中期形成的辫状河三角洲砂体可与晚期的湖相泥岩相结合,形成良好的储盖组合[图 5,图 6(c)]。

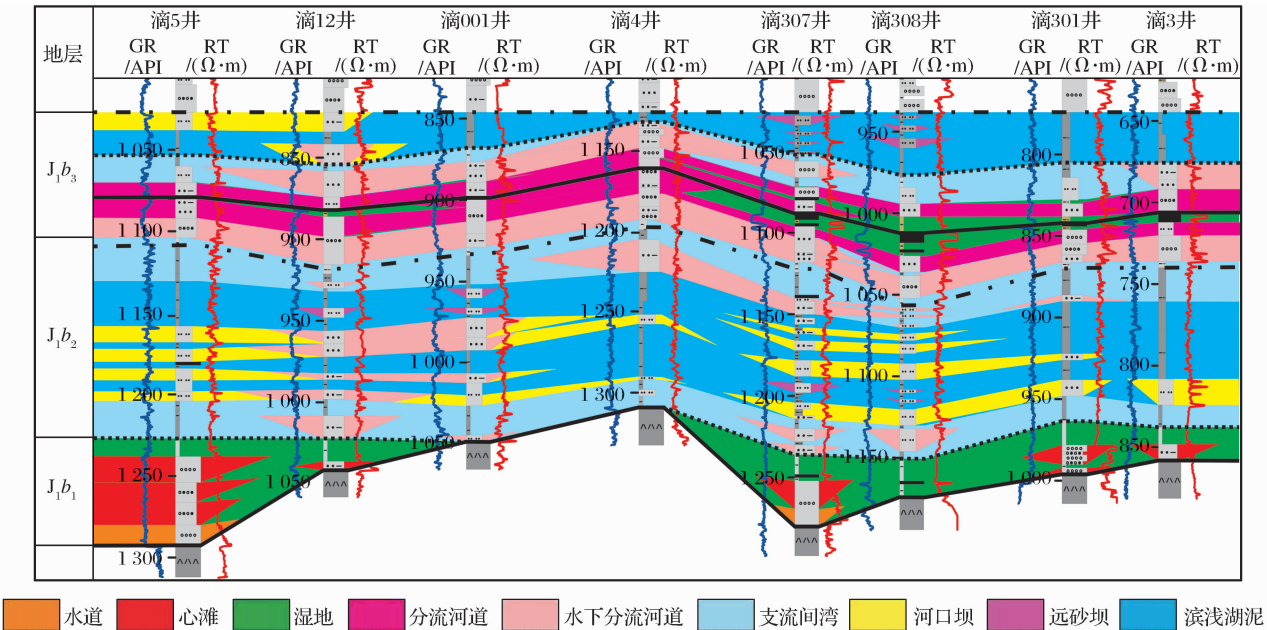


图 5 滴水泉地区八道湾组沉积相连井剖面(剖面位置见图 6)

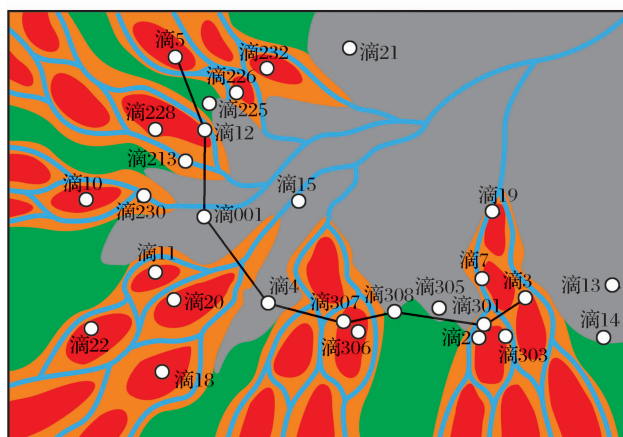
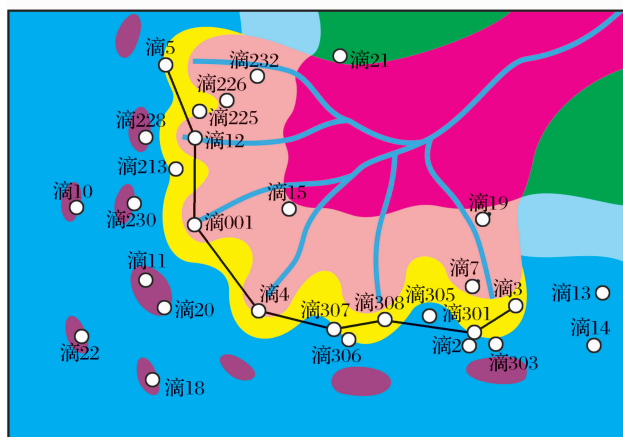
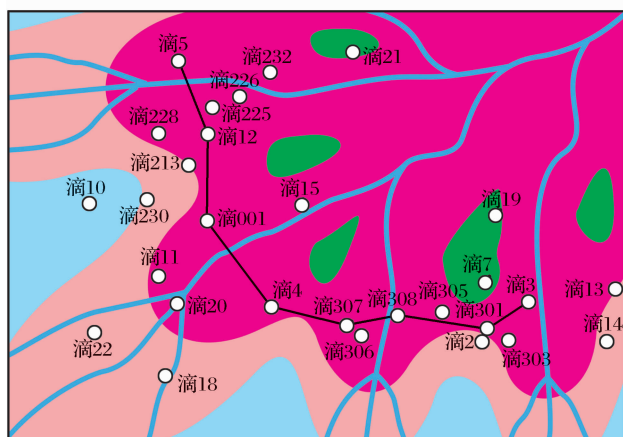
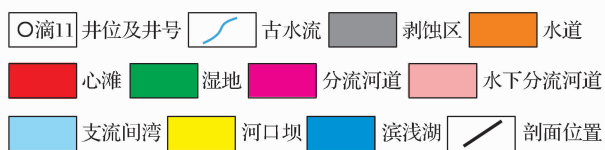
(a) J_1b_1 段沉积相展布(b) J_1b_2 段沉积相展布(c) J_1b_3 段沉积相展布

图6 滴水泉地区八道湾组沉积相平面展布

4 沉积演化模式

通过以上分析,认为准噶尔盆地东部滴水泉地

区侏罗系八道湾组不仅具备辫状河三角洲沉积的某些特征,还具有辫状河沉积以及湖泊沉积的某些特征。综合前人^[15-20]对准噶尔盆地侏罗系沉积环境及沉积相方面的研究,认为对准噶尔盆地东部八道湾组沉积环境及背景条件的认识还有待进一步提高。根据上文研究,可以把滴水泉地区侏罗系八道湾组的沉积环境及沉积背景概括为以下4个方面:

(1)沟梁相间:克拉美丽山前的古构造单元呈放射状撒开,使该地区的古构造对古水流流向的控制作用表现的非常明显^[5,16]。八道湾组沉积早期,由于沟梁相间的古地貌所起的水分水岭作用,使克拉美丽古水系在山前被分割为多个分支,分别沿不同的路径注入湖盆。

(2)盆大水浅:准噶尔盆地侏罗纪属坳陷性湖盆,湖盆整体连片,水域面积广阔,八道湾组中期是侏罗纪第1次湖侵期^[3],大部分地区为滨浅湖所覆盖,半深湖相—深湖相仅局限于局部地区。

(3)河长扇短:准噶尔盆地侏罗系各个沉积时期河流广泛发育,源远流长。如八道湾组沉积早期,湖盆东缘河流体系延伸较长,河流面积可达数千平方公里,但冲积扇局限于盆地边缘,相带范围狭窄,向盆地方向很快被河流相取代^[6],反映了沉积基底平缓的特征。

(4)源多坡缓:受盆地周缘老山的控制,侏罗纪可以划分为八大古水系^[7],这些古水系控制着侏罗纪准噶尔盆地的沉积作用,而滴水泉地区的沉积物主要来自克拉美丽古水系。“坡缓”表现在准噶尔这类大型坳陷型湖盆却缺少重力流沉积,扇三角洲的沉积也不多见,而辫状河三角洲大面积发育,砂体分布较广,最远延伸可达数十公里^[19],表现出“缓坡”的沉积背景。

通过以上研究,本文针对研究区目的层建立起辫状河—湖泊—辫状河三角洲相结合的沉积演化模式(图7)。滴水泉地区侏罗系八道湾组继承了三叠纪末基底隆升剥蚀后的构造背景和温暖潮湿的气候环境,为印支运动后侏罗纪早期接受沉积的产物;同时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。八道湾组沉积整体经历了3个演化阶段:① J_1b_1 段沉积期,盆地表现为交互、不均衡升降期,研究区沉积了1套以辫状河为主的含煤粗碎屑岩;② J_1b_2 段沉积期,盆地表现为快速抬升湖侵期,研究区以滨浅湖泥岩沉积为主;③ J_1b_3 段沉积期,盆地又恢复了早期不均衡的升降运动,研究区沉积了1套辫状河三角洲碎屑岩夹煤

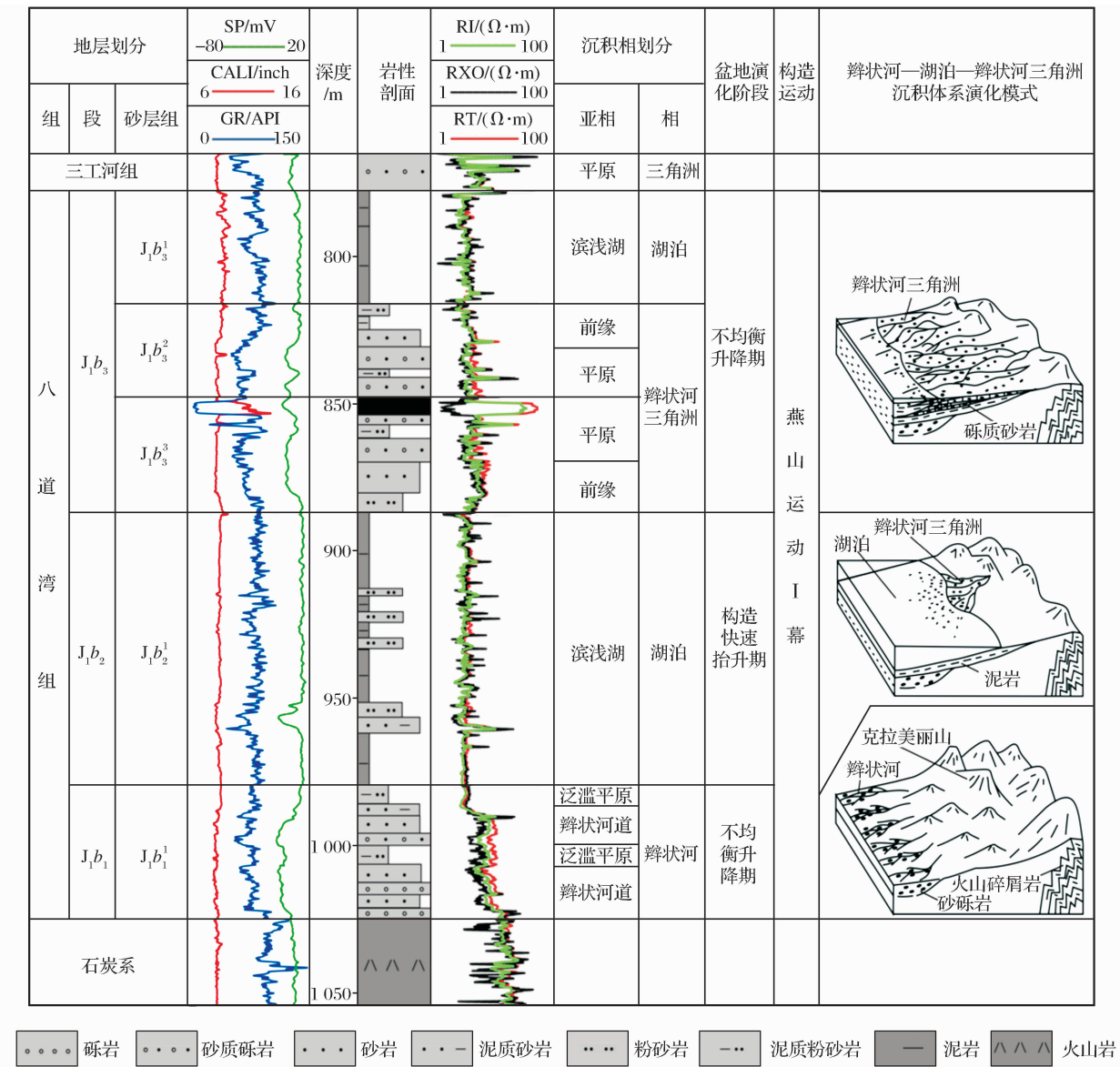


图 7 滴水泉地区八道湾组沉积演化规律

层。整个八道湾组沉积在时空分布上具有继承性和变化性,自八道湾组早期至晚期,沉积体系表现为辫状河—湖泊—辫状河三角洲的演化过程(图 7)。

5 结论

- (1)通过对岩性、岩矿、沉积构造以及钻测井特征等相标志的详细研究,依据所处的地理位置、流动机制等综合分析,确定了滴水泉地区八道湾组发育辫状河、湖泊和辫状河三角洲 3 种沉积相类型。
- (2)J₁b₁ 段沉积期,由北东方向的克拉美丽山提供物源,分别向南、向西方向发育大范围砾质辫状河沉积;J₁b₂ 段沉积期,湖进开始由南西向东北方向上超,湖泊范围可达研究区内的古剥蚀区,分布了广阔

的湖泊相沉积;J₁b₃ 段沉积期,构造活动强烈,物源供给充沛,大量碎屑物从克拉美丽山进入滴水泉地区,形成辫状河三角洲沉积。

(3)系统总结研究区的沉积环境及背景条件后认为:准噶尔盆地侏罗系沉积时期具有“沟梁相间、河长扇短、盆大水浅、源多坡缓”的特点。在此基础上,结合研究区的沉积特征及沉积展布特征,提出了研究区为辫状河—湖泊—辫状河三角洲相结合的沉积演化模式。

参考文献(References):

[1] Kuang Lichun, Lü Huantong, Qi Xuefeng, et al. Exploration- and targets for lithologic reservoirs in Junggar basin, NW Chi-

- na[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2005, 32(6): 32-37. [匡立春, 吕焕通, 齐雪峰, 等. 准噶尔盆地岩性油气藏勘探成果和方向[J]. *石油勘探与开发*, 2005, 32(6): 32-37.]
- [2] Pu Renhai, Mei Zhichao, Tang Zhonghua. A preliminary discussion of Jurassic non-marine sequence stratigraphy, eastern Junggar basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1994, 15(4): 335-342. [蒲仁海, 梅志超, 唐忠华. 准噶尔盆地东部侏罗系陆相层序地层学初探[J]. *新疆石油地质*, 1994, 15(4): 335-342.]
- [3] Shi Xuanyu, Yu Chunhui, Reyihanguli, *et al.* Relationship between Jurassic sedimentary system and its oil and gas in Junggar basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1995, 16(3): 233-242. [史宣玉, 喻春辉, 热依汗古丽, 等. 准噶尔盆地侏罗系沉积体系与油气关系[J]. *新疆石油地质*, 1995, 16(3): 233-242.]
- [4] Zhang Qin, Zhu Xiaomin, Zhang Manlang, *et al.* Sequence stratigraphic frame of Jurassic in east Fukang slope, Junggar basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2001, 25(1): 72-76. [张琴, 朱筱敏, 张满郎, 等. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系层序地层格架的建立[J]. *沉积学报*, 2001, 25(1): 72-76.]
- [5] 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. [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.]
- [6] 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. [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.]
- [7] 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. [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.]
- [8] Tang Zhonghua, Huang Yun, Zhang Hualong. Sedimentary facies and sequences of Jurassic in eastern Junggar basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1997, 18(4): 330-337. [唐忠华, 黄芸, 张化龙. 准噶尔盆地东部侏罗系沉积相及沉积层序[J]. *新疆石油地质*, 1997, 18(4): 330-337.]
- [9] Shen Nan, Zhu Aiguo, Gao Xianzhi. Sedimentary characteristics of the lower Jurassic in Cainan area in Junggar basin[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2008, 10(3): 271-276. [沈楠, 朱爱国, 高先志. 准噶尔盆地彩南地区下侏罗统沉积特征[J]. *古地理学报*, 2008, 10(3): 271-276.]
- [10] 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. [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.]
- [11] 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. [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.]
- [12] 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*, 2001, 35(3): 1-6. [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*, 2001, 35(3): 1-6.]
- [13] Wu Zhixiong, Shi Jian, Zhang Yongshu, *et al.* Sedimentary features and facies of Paleogene braided river in Mabei area[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2012, 23(5): 849-855. [吴志雄, 史基安, 张永庶, 等. 柴达木盆地北缘马北地区古近系辫状河微相特征及沉积模式[J]. *天然气地球科学*, 2012, 23(5): 849-855.]
- [14] Wang Jiao. Discovery of braided river delta in the lower member of Guantao Formation in Zhanhua sag and exploration significance[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2010, 21(6): 974-979. [王蛟. 沾化凹陷馆陶组下段辫状河三角洲的发现及油气勘探意义[J]. *天然气地球科学*, 2010, 21(6): 974-979.]
- [15] Zhang Manlang, Zhu Xiaomin, Zhang Qin. Jurassic sedimentary system of east Junggar basin and its hydrocarbon significance[J]. *Oil & Gas Geology*, 2000, 21(3): 272-278. [张满郎, 朱筱敏, 张琴. 准噶尔盆地东部侏罗系沉积体系及油气意义[J]. *石油与天然气地质*, 2000, 21(3): 272-278.]
- [16] Wang Yingmin, Liu Hao, Li Licheng, *et al.* The exploration prospect of nonstructural traps of Jurassic in Junggar basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2002, 27(6): 683-688. [王英民, 刘豪, 李立诚, 等. 准噶尔大型拗陷湖盆坡折带的类型和分布特征[J]. *地球科学*, 2002, 27(6): 683-688.]
- [17] 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. [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.]
- [18] 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. [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.]
- [19] Zhu Xiaomin, Zhang Yina, Yang Junsheng, *et al.* Sedimentary characteristics of the shallow Jurassic braided river delta, the Junggar basin[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(2): 244-251. [朱筱敏, 张义娜, 杨俊生, 等. 准噶尔盆地侏罗系辫状河三角洲沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(2): 244-251.]
- [20] Ren Bing, Liao Rongfeng, Chen Yong, *et al.* Coal measures sedimentary environment and sequence stratigraphy of Badaowan Formation in Dinan swell in Junngar basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2010, 31(3): 245-247. [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.]

Sedimentary Characteristics and Evolution Model of the Jurassic Badaowan Formation in the Dishuiquan Area in Eastern Junggar Basin

WANG Zhe^{1,2}, JIN Zhen-kui^{1,2}, LIU Xue-gong³, FU Jing^{1,2}, GAO Bai-shui^{1,2}, YAO Meng-zhu^{1,2}

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

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

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

Abstract: Based on the analyses of regional geology, core, logging and seismic data, the sedimentary characteristics, distribution features of sedimentary facies and the sedimentary evolution model of Dishuiquan area are examined. The results show that the study area mainly develops three sedimentary facies including braided river, braided river delta and lacustrine, five types of sedimentary subfacies including braided channel, floodplain, braided river delta plain, braided river delta front and shore-shallow lacustrine, and nine types of sedimentary microfacies including channel, channel bar, wetland, distributary channel, underwater distributary channel, tributary bay, mouth bar, distal bar and shore-shallow lacustrine mud. Based on sedimentary characteristics and deposits distribution, an evolutionary model with braided river-lake-braided river delta facies integrated is proposed. In the depositional period of J_1b_1 , the source came from Kelameili Mountain in the northeast, and it developed large area of gravel braided rivers to the south and west. In the depositional period of J_1b_2 , the lacustrine transgressive overlapped from southwest to northeast, the lakes could reach the ancient denudation area, and it developed large area of lacustrine sediments. In the depositional period of J_1b_3 , tectonic activity were intensive and source supply was abundant. Large amounts of clastic sediments came into the Dishuiquan area from Kelameili Mountain and it developed braided river delta. Jurassic strata in Junggar basin are characterized by “groove alternating with roof; shallow water in wide basin; wide-spreading river and restricted fan; multi-source and gentle slope”.

Key words: Junggar basin; Dishuiquan area; Badaowan Formation; Sedimentary characteristics; Evolutionary model