

# 盆地内大面积砂体分布的一种成因机理<sup>①</sup>

## ——干旱气候下季节性河流沉积

高志勇<sup>1,2</sup> 周川闽<sup>1,2</sup> 冯佳睿<sup>1,2</sup> 崔京钢<sup>1,2</sup> 郭美丽<sup>3</sup> 吴昊<sup>3</sup>

(1.中国石油勘探开发研究院实验研究中心 北京 100083;2.提高石油采收率国家重点实验室(中国石油勘探开发研究院) 北京 100083;  
3.中国地质大学地球科学与资源学院 北京 100083)

**摘要** 我国西部新疆地区侏罗系—下白垩统大面积、厚层状砂岩油气勘探获得了重大发现,大面积厚层状砂体及泥岩红层沉积的成因机理受到长期关注。结合现今准噶尔南缘多条季节性河流的沉积体系、砂体展布特征分析,并对比郝家沟—头屯河剖面、玛纳斯河剖面上侏罗统齐古组、喀拉扎组的岩相组合、岩石颜色、砂泥岩沉积构造、沉积序列与古环境分析,认为干旱气候下头屯河组上部—喀拉扎组的季节性曲流河—季节性辫状河沉积是上侏罗统大面积厚层状砂砾岩体及厚层状泥岩红层沉积的重要成因机理,进而建立了季节性河流的砂体构型和成因模式。准噶尔盆地南缘季节性河流沉积砂体构型和成因模式的建立,对进一步认识我国古代季节性河流沉积提供了有益参考。

**关键词** 大面积砂体 干旱气候 季节性河流 砂体构型 准噶尔南缘 中上侏罗统

**第一作者简介** 高志勇 男 1974年出生 高级工程师 沉积学及油气储层地质 E-mail: gzybox@163.com

**中图分类号** TE122.2 **文献标识码** A

## 0 引言

我国西部准噶尔盆地、塔里木库车拗陷侏罗系—下白垩统的大面积、厚层状砂砾岩油气勘探获得了重大发现<sup>[1-6]</sup>,突显出大面积、厚层状砂砾岩体与厚层状泥岩红层的成因机理研究尤为重要。我国西部盆地自晚侏罗世一直发育半干旱—干旱气候环境<sup>[7]</sup>,且大气环流强度与现今大致相似<sup>[8]</sup>。现今我国西北地区处于半干旱—干旱气候环境,北天山前的玛纳斯河、头屯河,南天山前的渭干河、塔里木河等典型的季节性河流是现今天山南北主要的沉积类型<sup>[9-16]</sup>,砂泥岩沉积面积广,厚度大,造就了广泛的冲积平原。近年来,笔者对新疆地区的中上侏罗统碎屑岩沉积开展了大量研究,通过分析现今准噶尔盆地南缘多条季节性河流的沉积体系、砂体展布特征,对比淮南郝家沟—头屯河剖面、玛纳斯河剖面中侏罗统头屯河组上部—上侏罗统齐古组、喀拉扎组砂泥岩的岩相组合特征、岩石颜色、砂泥岩沉积构造与古环境分析,认为干旱气候条件下季节性河流沉积可能更加符合野外露头与钻井所揭示的大面积、厚层状砂砾岩体及红色砂泥岩沉积的成因机理。该认识不但对我国西部盆地

干旱气候条件下大面积展布的巨厚砂岩油气勘探提供了重要参考,而且进一步完善了对季节性河流沉积的认识。

## 1 淮南现代季节性河流沉积

我国学者经过多年对河流沉积的研究,在河型及其分类、现代河流沉积调查、河流沉积相与相模式、沉积砂体建筑结构精细解剖等多个方面取得了重要进展<sup>[17-28]</sup>。在河流的分类方面,可将天然河流分为常流河与季节河。常流河是指河道中具有永久性水流即常年维持一定流量的河流,季节河是指一年中某一季节或一个较长的时间中干涸无水的河流<sup>[29]</sup>。通常来讲,干旱地区的河流均为季节性河流,现代季节性河流分布的地区,往往呈现出植被稀疏甚至地表裸露的荒凉景象。国内关于现代季节性河流的研究主要集中在新疆等地区<sup>[9-16]</sup>,国外也开展了相应的研究工作<sup>[30]</sup>。我国现代季节性河流在内陆地区广泛发育,其所在气候为半干旱—干旱气候环境,河流长度数百公里甚至上千公里,流域面积巨大,可达 $1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上,河流所携带砂泥量巨大,河谷宽度超过1 km。季节性河流径流水源主要来自冰川融雪水及雨水<sup>[31]</sup>。

<sup>①</sup>国家科技重大专项课题“中西部前陆盆地构造地质、储层特征及有利区评价”(编号:2011ZX05003-002)与中国石油股份公司科技项目“中西部前陆盆地沉积体系与有效储层评价研究”(编号:2014B-0408)联合资助  
收稿日期:2014-06-18;收修改稿日期:2014-08-11

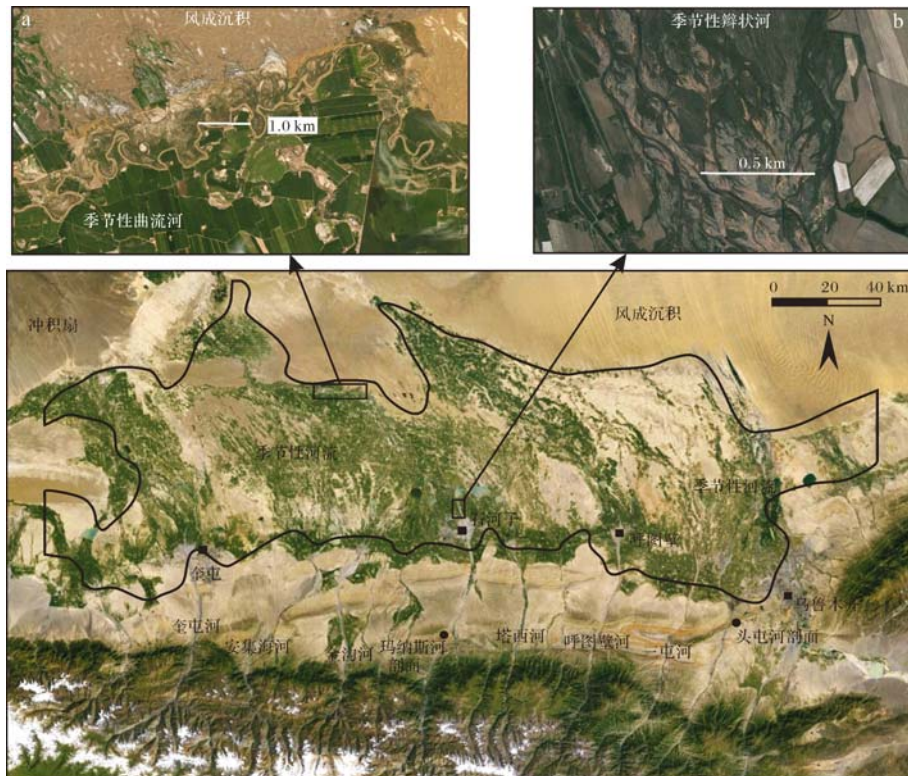


图1 准噶尔盆地南缘北天山前现代季节性河流与风成沉积平面展布图

Fig.1 The modern ephemeral streams and eolian deposition in the southern margin of the Junggar Basin

在现今准噶尔盆地南缘的北天山山前,由东向西发育头屯河、玛纳斯河、奎屯河等多条季节性河流,河流在天山下内切侵蚀,季节性河水携带大量砾石、沙泥等冲出山口,广泛沉积于盆地之内(图1)。如图1b所示,玛纳斯河流出口后,在石河子市以北地区形成季节性辫状河沉积,现今的河床宽1 km左右,多期叠置的心滩砂体分布。再向北由于地势平坦,季节性辫状河演变为曲流河沉积,河道蛇曲蜿蜒,大量的决口河道、废弃河道、边滩砂体沉积(图1a)。现今北天山前季节性河流分布广泛,构成东西长约200 km,南北亦有100 km,平面展布面积可达 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的河道带沉积。就现今准噶尔盆地南缘而言,山前发育大面积的冲积扇砾石沉积,再向前发育大面积季节性辫状河—曲流河沉积,盆地腹部则是广泛的沙漠沉积,可以说冲积扇、季节性河流、风成(沙漠)沉积是干旱气候下现今新疆地区大面积、厚层状砂砾岩体及红色泥岩沉积的重要成因机理。

## 2 中上侏罗统季节性河流沉积

关于古代季节性河流沉积研究成果较少<sup>[32-39]</sup>,干旱气候下的季节性河流沉积与正常河流较为相似,

但也具有特殊性,其具有与冲积扇、盐湖及沙漠等环境共同发育的特点<sup>[40]</sup>。笔者对位于准噶尔盆地南缘郝家沟—头屯河剖面、玛纳斯河剖面(图1)的中侏罗统头屯河组上部、上侏罗统齐古组和喀拉扎组开展了砂体成因机理分析工作。郝家沟—头屯河剖面位于乌鲁木齐市西南,剖面地层出露好,侏罗系一下白垩统吐谷鲁群各岩组连续发育。玛纳斯河红沟剖面位于沙湾县境内,石河子市以南约70 km处的玛纳斯河畔<sup>[31]</sup>。由于中侏罗世晚期全球气候开始趋向于干旱化,晚侏罗世齐古组与喀拉扎组沉积时期,新疆北部地区为干旱气候<sup>[41]</sup>,故准噶尔南缘上侏罗统齐古组与喀拉扎组发育一套干旱气候下的红层沉积。

### 2.1 岩相与沉积构造

本次研究的郝家沟头屯河剖面起点为头屯河组上部,终点为白垩系底部,实测剖面厚度达430 m(图2、图3A~D)。剖面岩相特征描述如下:①中侏罗统头屯河组上段,如图2中第1~11层及图3A,下部为河道沉积的块状土黄色粗—中砂岩,底部冲刷面明显(图3E),夹洪泛平原沉积的褐色、褐红色粉砂质泥岩;中部为河道沉积的灰色块状—细砂岩,底部见冲刷面,大型槽状交错层理、楔状层理发育,夹褐红色

泥岩、灰绿色泥质粉砂岩条带,发育平行层理,属洪泛平原与决口扇沉积;上部沉积的灰色中—细砂岩,发育小型交错层理,灰色含砾中—粗砂岩中发育槽状交错层理,底部滞留砾石沉积,整体为河道沉积;顶部为褐红色泥岩、泥质粉砂岩与灰色细砂岩互层,发育平行层理,属天然堤、决口扇及洪泛平原沉积。

②上侏罗统齐古组,如图2中第12~45层及图3B,下段为第11~22层,以褐色泥岩、褐色泥质粉砂岩夹褐红色中—细砂岩、粉—细砂岩、灰色中—细砂岩为主,砂岩中发育交错层理、平行层理,底部见滞留泥砾沉积,属边滩沉积。褐色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩中发育平行层理,特别是顶部的反韵律特征显示了决口扇沉积;中段为第23~35层,岩性为四段灰色中—粗砂岩与褐色、灰色粉砂岩互层沉积,其中第26层下部为优先充填河道砂体,块状构造为主,其上为后期充填的大面积河道砂体,岩性为灰色中—细砂岩,发育槽状交错层理,底部见滞留泥砾沉积,河道边缘见楔状层理。第28层为灰色细砂岩,发育槽状交错层理、平行层理、沙纹层理,多期河道砂岩沉积,部分河道底部滞留砾石沉积,泥砾石径1~3 cm,整体为边滩沉积(图3F)。中段上部可见洪泛平原的褐色、褐红色泥质粉砂岩夹灰色粉砂岩条带沉积、褐色泥质粉砂岩与灰色粉—细砂岩互层的决口扇沉积。洪泛平原沉积中见褐色粉砂质泥岩夹绿色泥质粉砂岩条带;上段为第36~45层,主要表现为洪泛平原沉积的褐色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩,粉细砂岩透镜体,发育水平层理、钙质结核等;表现为决口河道沉积的灰色块状细砂岩,块状构造;表现为决口扇沉积的褐色泥质粉砂岩夹灰色粉—细砂岩,底部见小型波状层理、沙纹层理。

③上侏罗统喀拉扎组,如图2中第46~48层及图3C,下段为灰色、灰绿色中—细砂岩夹泥质粉砂岩,底部见滞留泥砾沉积,发育大型槽状交错层理,属辫状河心滩沉积(图3D);中段为灰色、灰绿色中—细砂岩与薄层红褐色泥质粉砂岩互层,发育平行层理及小型槽状交错层理,底部见滞留泥砾沉积,多期河道叠置沉积;上段为灰色、灰绿色钙质中—粗砂岩,发育大型平行层理,河道沉积,砂体底部有冲刷面(图3H)。

④下白垩统吐谷鲁群,如图2中第49层及图3D,为灰色、灰绿色砾岩,砾石呈棱角状,砾石径2~10 cm不等,属冲积扇沉积。

## 2.2 岩石颜色

郝家沟—头屯河剖面与玛纳斯河剖面中侏罗统头屯河组上部、上侏罗统齐古组、喀拉扎组季节性河

流沉积具有如下几类颜色:①红色、褐色、褐红色、土黄色:当岩石含高铁氧化物或氢氧化物时可表现出这类颜色,通常高铁氧化物为主时偏红或褐色,高铁氢氧化物为主时偏黄或褐黄,均代表强氧化环境<sup>[42-43]</sup>。此类颜色是郝家沟—头屯河剖面与玛纳斯河剖面中泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩的主要颜色(图3,4)。沉积物暴露地表,遭受氧化而成,反映当时沉积环境为干旱或半干旱环境,为季节性河流的沉积古环境;②灰色:通常是因为岩石含有机质或分散低铁硫化物(如黄铁矿、白铁矿)微粒的缘故,灰色是头屯河组上部、齐古组、喀拉扎组中砂岩的主要颜色,反应季节性河流水流量较大,水动力较强,河水携带大量砂质堆积而成(图3,4);③灰白色:当岩石不含有有机质常为这种颜色,该剖面中出现这种颜色的是钙质结核。钙质结核产出多以分散球状分布于头屯河剖面红褐色泥岩和粉细砂岩中,通常认为钙质结核是由于沉积单元出露地表或接近地表,常处于潜水面附近的强蒸发环境下形成的,是地层出露地表的标志(图4);④灰绿色:一般由岩石中含有低价铁的矿物所致,反映弱氧化或弱还原环境,表明是动荡的氧化、还原交互环境,水体不稳定。郝家沟—头屯河剖面中褐红色粉砂质泥岩中常夹有灰绿色砂岩或粉砂岩条带(图3),因沉积物暴露于地表,表层植物生长、死亡及腐败,沉积物表层含有较高的有机质以及沉积物本身自生矿物颜色而被渲染为灰绿色<sup>[42]</sup>。

## 2.3 沉积古环境

沉积岩石中的微量元素特征受到古气候和古环境的极大影响,陆地上的化学侵蚀变化受控于湿度和温度,湿热的气候可以增强化学侵蚀。在化学侵蚀过程中,钛(Ti)从原始材料中释放出来,但在迁移之前就沉淀下来不会发生化学迁移,与其它元素的比值可作为元素在化学侵蚀中行为的示踪因子<sup>[44]</sup>。化学侵蚀的加强可使侵蚀产物中钾(K)含量增加,因此钾/钛(K/Ti)比值的高值体现强的化学侵蚀,其低值体现弱的化学侵蚀,该元素比值可以指示源区古气候环境的变化,相对高的K/Ti比值代表了较强的化学侵蚀以及更为湿热的气候<sup>[45-47]</sup>。郝家沟—头屯河剖面中侏罗统头屯河组上部—上侏罗统齐古组、喀拉扎组岩石颜色以紫红色、褐色、褐红色为主,由岩石颜色可初步判断其沉积时期古气候以干旱为主。由图2可知,反映古气候变化的K/Ti比值表明,中侏罗统头屯河组上部第1~11层季节性河流沉积时期,K/Ti比值曲线右偏且变化幅度不大,表示当时古气候以偏湿

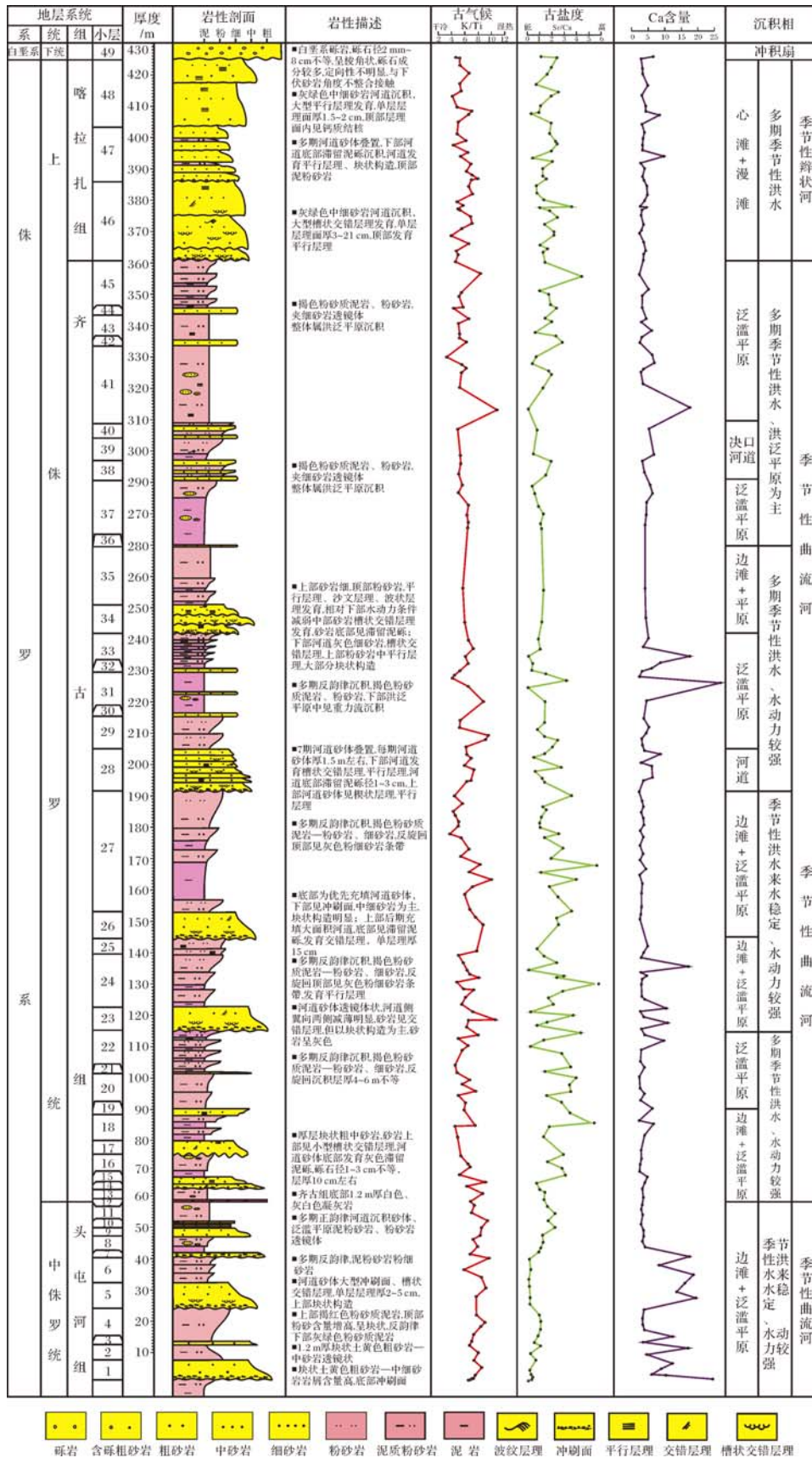


图2 淮南郝家沟—头屯河剖面中侏罗统头屯河组上部—上侏罗统齐古组、喀拉扎组—下白垩统实测剖面图

Fig.2 The sedimentary facies succession of Haojiagou-Toutun River section in the southern Junggar Basin

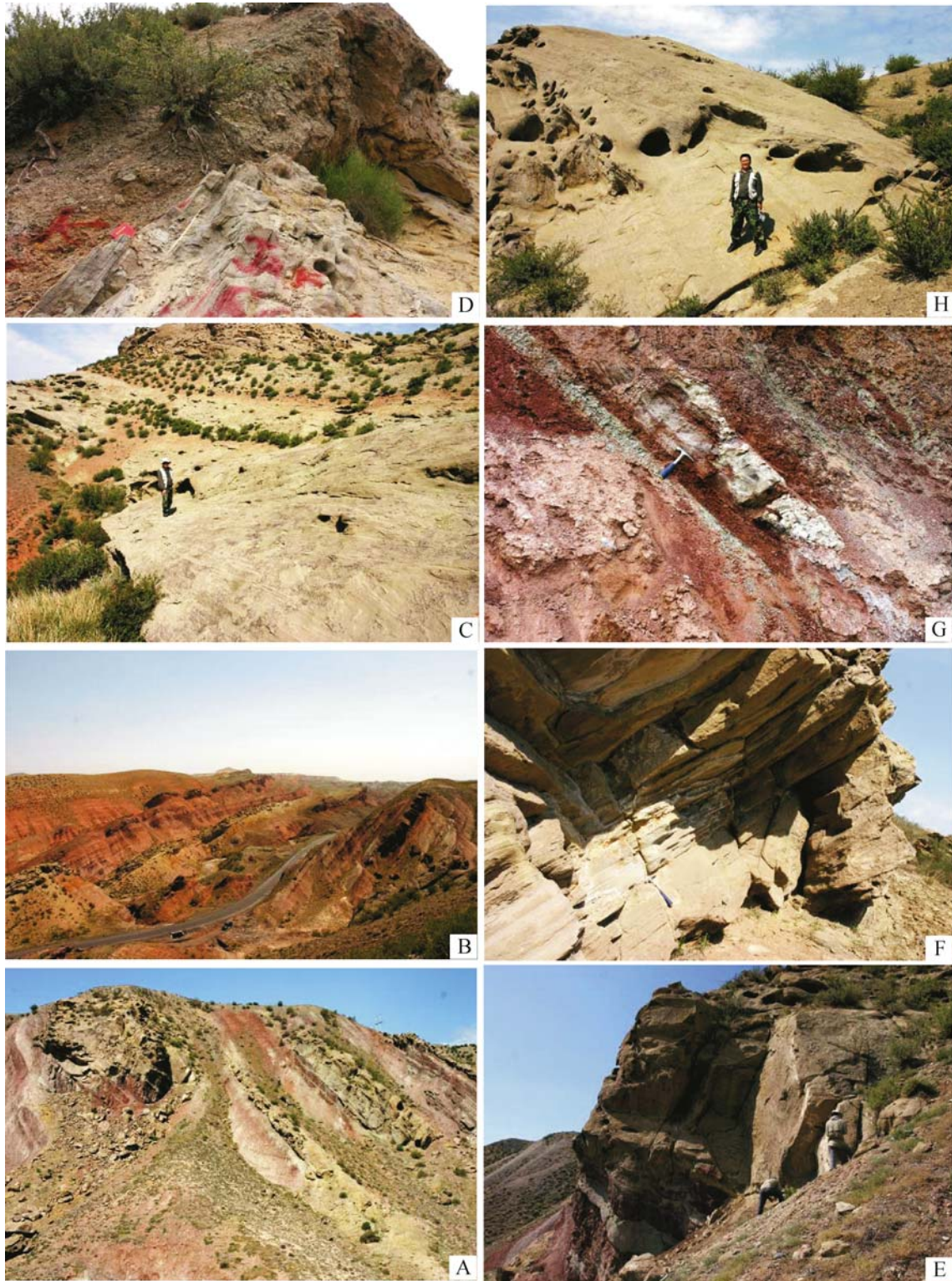


图3 郝家沟—头屯河剖面头屯河组—白垩系底部野外露头宏观特征

A. 中侏罗统头屯河组上部第1~9层季节性曲流河二元结构沉积, 洪泛平原紫褐色; B. 上侏罗统齐古组第17~45层季节性曲流河二元结构沉积, 砂体侧向延伸范围广, 洪泛平原褐红色; C. 上侏罗统喀拉扎组第46~48层季节性辫状河厚层砂体叠置, 发育大型槽状交错层理; D. 白垩系底部冲积扇砾岩与喀拉扎组季节性辫状河厚层砂体不整合接触; E. 头屯河组上部第1层季节性曲流河河道切割冲刷下伏紫褐色洪泛平原泥粉砂岩; F. 齐古组季节性曲流河边滩砂体内平行层理; G. 齐古组第36层季节性曲流河洪泛平原内的决口河道透镜状砂体; H. 喀拉扎组第48层季节性辫状河河道砂体发育大型平行层理并冲刷切割下伏块状砂体。

Fig.3 The depositional characteristics of Haojiagou-Toutun River outcrop of Upper Toutunhe Formation to the bottom of Cretaceous

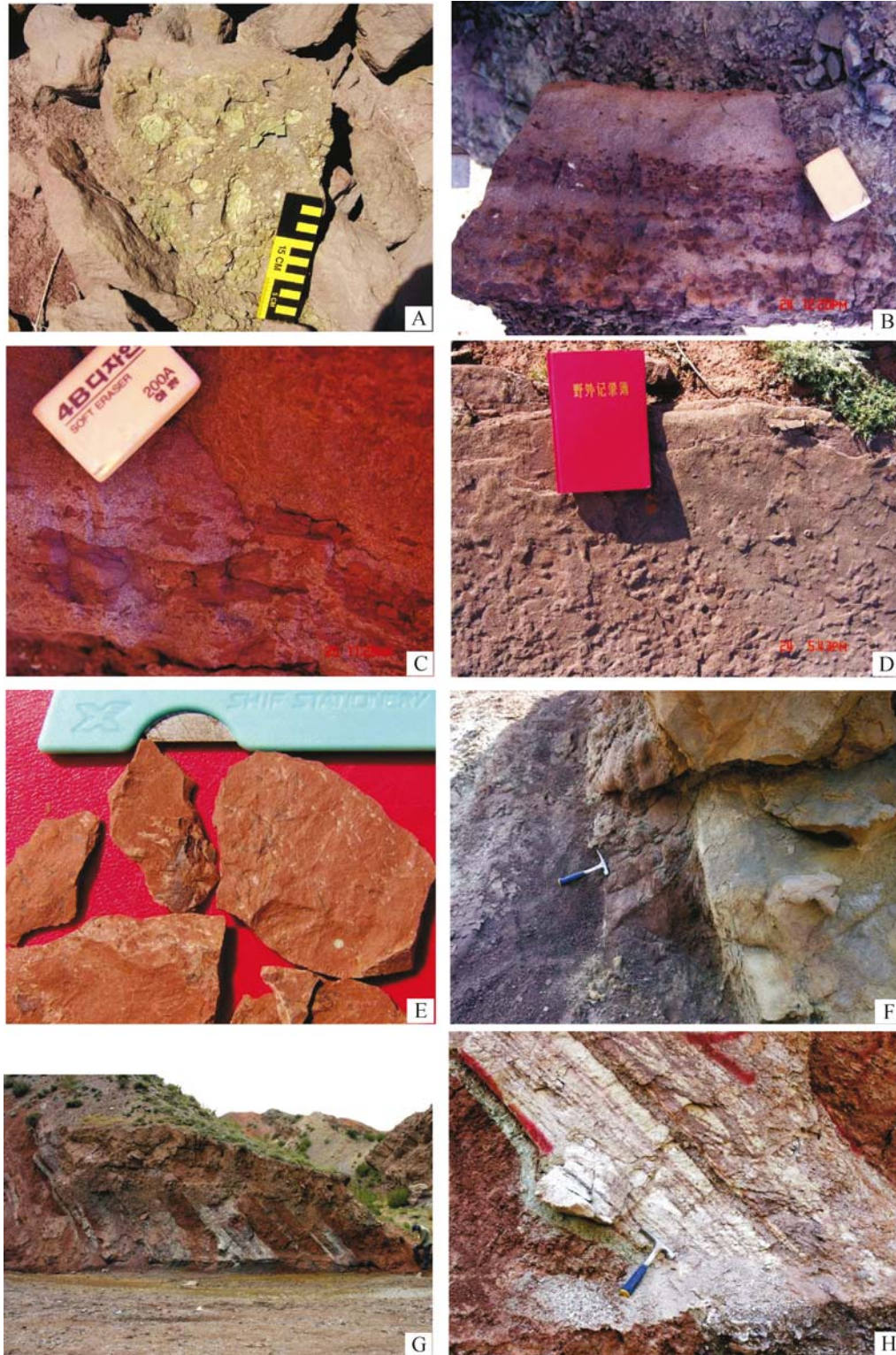


图4 郝家沟—头屯河剖面与玛纳斯河剖面中指示季节性河流沉积的重要相标志

A. 郝家沟—头屯河剖面头屯河组上部季节性曲流河道底部灰绿色泥砾; B. 玛纳斯河剖面齐古组下部季节性曲流河道底部褐色泥砾, 砾石径较小, 呈次棱—次圆状; C. 玛纳斯河剖面齐古组上部季节性曲流河道底部褐色泥砾, 砾石呈棱角状; D. 玛纳斯河剖面齐古组上部季节性曲流河边滩砂体内见 *Scyenia* 遗迹相化石; E. 玛纳斯河剖面齐古组上部季节性曲流洪泛平原褐红色泥岩内较小的植物碎片; F. 郝家沟—头屯河剖面头屯河组上部季节性曲流洪泛平原中钙质结核; G. 郝家沟—头屯河剖面齐古组上部第31~33层季节性曲流洪泛平原沉积, 第32层为重力流沉积发育部位; H. 齐古组上部第32层季节性曲流洪泛平原重力流沉积。

Fig.4 The important sedimentary facies marks of ephemeral streams in Haojiagou-Toutun and Manas River outcrop

热为主。由上侏罗统齐古组开始,第12~45层广泛的季节性曲流河沉积时期,K/Ti比值曲线整体向左偏移且变化幅度不大,仅在第23~26层向右偏移且具有小幅震荡,表明齐古组沉积时期主要以干冷为主。上侏罗统喀拉扎组沉积时期,K/Ti比值曲线整体向左偏移且变化幅度不大,表明该组季节性辫状河沉积时期同样以干冷气候为主。再者,图2中由Sr/Ca比值所反映的古盐度及钙含量变化曲线表明,中侏罗世晚期—晚侏罗世准噶尔盆地以干旱气候,水体较浅的淡水沉积环境为主,但局部有盐水化的环境,可能因为气候干旱湖盆快速收缩形成盐湖。

### 3 季节性河流的砂体构型与成因分析

#### 3.1 头屯河组上部

头屯河组上部季节性曲流河道与边滩砂体厚度一般为6~8 m(图2),发育槽状交错层理、楔状交错层理、平行层理等沉积构造,该段砂岩累计厚度为21 m。洪泛平原与决口扇沉积的褐红色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩沉积厚度较大,一般10 m左右。该段季节性曲流河沉积砂地比为31.82%,由于河道边滩砂体厚度较大,且曲流河沉积的“二元结构”明显,分析该时期季节性洪水来水稳定,水动力较强。

#### 3.2 齐古组

上侏罗统齐古组发育典型的季节性曲流河沉积,如图2与图5所示,依据河道边滩砂体沉积叠置样式及厚度、洪泛平原与决口扇等沉积厚度以及曲流河二元结构的发育程度,将该组沉积划分为四个阶段:①多期季节性较强水动力洪水阶段,如图5A所示,该时期季节性洪水来水较频繁且持续时间较短,河道砂体底部出现滞留泥砾沉积,单层河道及边滩砂体较薄,一般厚2~3 m,但平面上连片分布。洪泛平原、决口河道及决口扇较发育,褐色、褐红色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩厚度较大,是河道砂岩厚度的数倍;②较强水动力季节性洪水稳定来水阶段,如图5B所示,该时期季节性洪水来水较稳定且持续时间较长,河道底部滞留沉积不发育,以厚层状砂岩沉积为主,发育槽状交错层理、楔状交错层理、平行层理等沉积构造,单层河道及边滩砂体较厚,一般厚5~6 m。优先充填的河道砂体较发育,向河道两侧翼延伸的后期充填砂体厚度较薄,平面上多呈孤立状的“泥包砂”结构(图5B)。洪泛平原与决口扇较发育,天然堤与决口河道不发育,褐色、褐红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩等厚度较大,是河道砂岩厚度的数倍;③再次的多

期季节性较强水动力洪水阶段,如图5C所示,该时期季节性洪水来水较频繁且持续时间短,河道砂体底部仍出现滞留泥砾沉积,单层河道及边滩砂体较薄,一般厚2~3 m,但砂体垂向叠置厚度较第一期大,累计厚度可达10~12 m(图2),砂体平面上较连片分布。洪泛平原、决口河道及决口扇较发育,并出现较明显重力流沉积。褐红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩厚度较大,是河道砂岩厚度的数倍;④多期季节性较强水动力洪水阶段,如图5D所示,该时期季节性洪水来水较频繁且持续时间较短,郝家沟—头屯河剖面中河道沉积砂体不发育,以大规模的洪泛平原、决口河道及决口扇沉积为主,褐红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、粉细砂岩厚度较大(图2),决口河道砂体呈孤立状分布(图5D)。整体上齐古组较头屯河组上部红色沉积物明显增多,显示沉积环境逐渐变得干热。齐古组砂岩累计厚度为59 m,砂地比为20.14%。

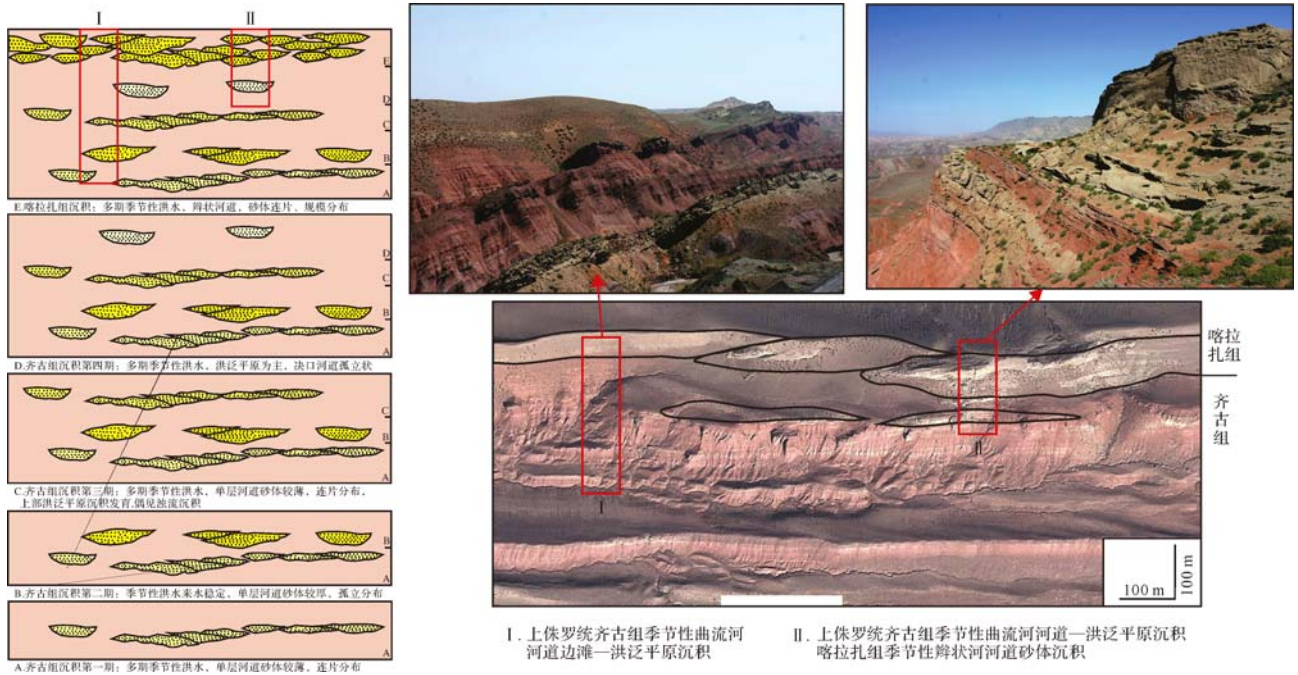
#### 3.3 喀拉扎组

上侏罗统喀拉扎组发育季节性辫状河沉积,岩性为灰色中—粗砂岩、中—细砂岩夹褐色薄层粉砂质泥岩,河道砂体底部发育冲刷面,心滩内发育大型槽状交错层理、平行层理。河道心滩砂体沉积厚度大,累计厚度可达50 m左右(图2),河漫滩泥粉砂岩沉积厚度薄,季节性辫状河沉积的砂地比可达87.72%。反映了多期季节性特大和较持续的洪水暴雨使辫状河道的水流能量剧增<sup>[48]</sup>,沉积负载量增大,携带大量泥沙较近源堆积。季节性辫状河沉积的砂岩厚度大、平面上连片分布(图5)。

## 4 季节性河流大面积砂体成因模式

#### 4.1 古代季节性河流整体特征

古代季节性河流整体上具有如下特征:①指示干旱气候背景的红层沉积(图3A~D);②季节性曲流河二元结构明显,且砂岩沉积厚度较泥粉砂岩薄(图2、图3A,B);③季节性曲流河下部发育正韵律岩相组合,上部多为反韵律岩相组合。底部多为具冲刷构造及内碎屑的细砾岩,泥砾为主(图4A,B,C),向上变为粗—中砂岩、细砂岩、粉砂岩,顶部为泥岩或粉砂质泥岩的洪泛平原沉积,反韵律的沉积特征反映了决口扇和决口河道十分发育(图2、图3G)的特点,天然堤不发育;④古河道表层沉积物以细粉砂岩为主,含风成沙夹层,反映了其沉积环境受风水两相作用<sup>[38]</sup>;⑤砂岩层理构造以大型槽状交错层理、平行层理、楔状层理为主,并出现块状构造、沙纹层理、



注:喀拉扎组辫状河砂体宽0.5~1.7 km不等,主河道由右侧向左侧迁移。

图5 郝家沟—头屯河剖面季节性曲流河—季节性辫状河的沉积砂体构型演化

Fig.5 The evolution of the sedimentary sand body architecture of ephemeral streams in Haojiagou-Toutun river outcrop

粒序层理等,以单向水流的牵引流为主(图3);⑥暴露成因构造较常见,由沉积物露出水面处在大气中,表面逐渐干涸收缩,或者受撞击而成,如干裂<sup>[49]</sup>、雨痕<sup>[36]</sup>及钙质结核等<sup>[49]</sup>(图4);⑦植物根迹不发育,无含煤地层出现,缺少沼泽微相,但洪泛平原中有少量植物碎屑(图4);⑧存在异常水流活动以及指示洪水重力流等沉积构造(图4);⑨存在能反映氧化、河流季节性活动以及干旱气候环境的丰富而独特的遗迹化石组合<sup>[50-51]</sup>(图4)。

#### 4.2 季节性河流大面积砂体成因模式

通过郝家沟—头屯河剖面与玛纳斯河剖面中上侏罗统季节性河流砂体构型与成因分析,并对比现今准噶尔南缘现代季节性河流大面积分布砂体,建立了干旱气候下盆地内季节性河流大面积砂体成因模式:如图6所示,季节性河流的活动是周期性的,洪水猛烈而短暂并携带大量泥沙冲出山口,导致沉积物主要以席状流迅速注入,形成洪积扇与季节性辫状河沉积,发育宽而长的辫状河道砂体(图6A)。季节性洪水反复暴发,部分冲刷先前存在的沉积物,形成季节性曲流河沉积。由于洪水强烈和溢岸水流丰富,新河道快速切蚀,老河道堵塞或废弃。广大洪泛平原区周期性的为洪水淹没,在干旱时期逐渐蒸发易形成干盐湖<sup>[32]</sup>。季节性曲河流沉积序列中一般缺乏明显的天

然堤,有利于形成侧向稳定的边滩复合砂体(图6B, D),河道侧向迁移能够任意穿越广阔的洪泛平原。河道侧翼沉积的薄—中厚层状细砂岩和泥质粉砂岩中,可见垂直型潜穴<sup>[50-51]</sup>。季节性曲流河溢岸泛滥从河道向外散开,主要以席状水流遍及河间地区,形成广阔的席状决口扇,许多下游河水由于渗漏和蒸发损失,逐渐消失于冲积层中<sup>[32]</sup>。

## 5 结论

运用“将今论古”的方法,分析现今准噶尔盆地南缘多条季节性河流的沉积体系、砂体展布特征,并对比研究郝家沟—头屯河剖面、玛纳斯河剖面的中上侏罗统的岩相特征、岩石颜色、砂岩的沉积构造与成因机制,认为干旱气候下的季节性河流沉积是形成准噶尔盆地南缘大面积砂体分布的重要机理。上侏罗统齐古组季节性河流沉积可划分为四个阶段,季节性来水的动力强弱、持续时间长短控制了沉积砂体构型。喀拉扎组沉积时期发育大规模的季节性辫状河,砂体厚度大,分布面积广,是重要的储集体发育层位。干旱气候条件下季节性河流沉积可能更加符合准噶尔南缘上侏罗统大面积、厚层状砂砾岩体及红色砂泥岩沉积的成因机理。

致谢 参加野外工作的还有徐奉学、黄贤营,中



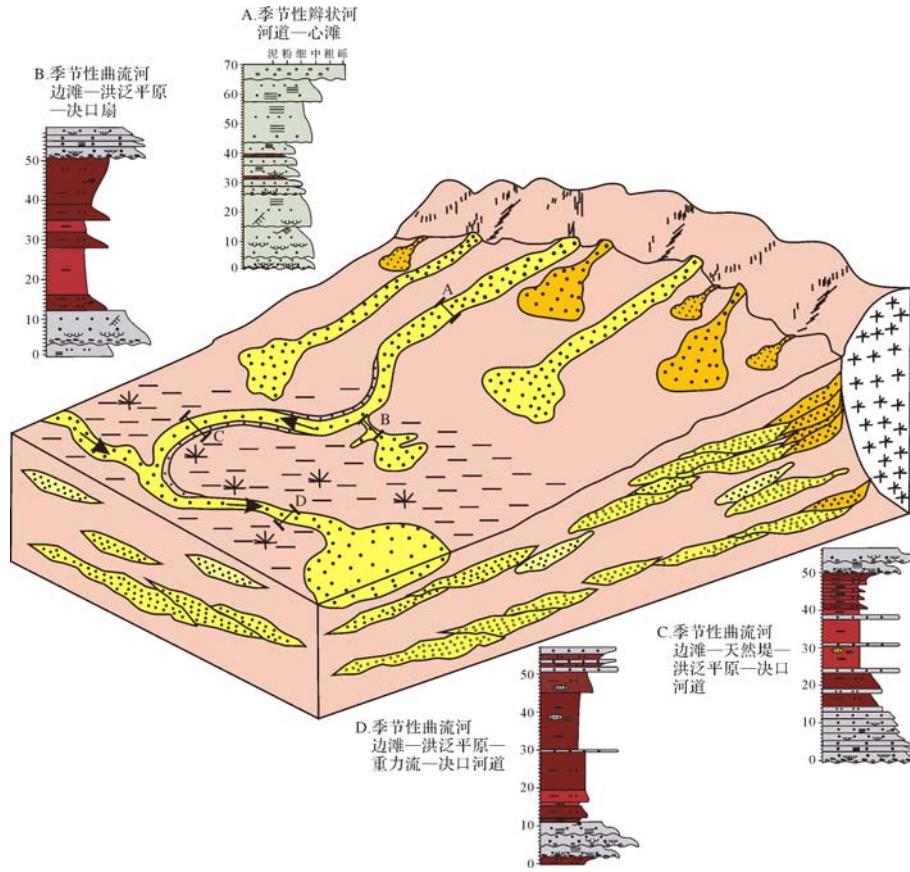


图6 准噶尔盆地干旱气候背景下的季节性河流沉积砂体成因模式

Fig.6 The sedimentary facies model of ephemeral streams in the Junggar basin in arid climate background

国石油大学(北京)的纪友亮、张丽媛、王宁等,对他们的工作及帮助表示感谢! 审稿专家提出了宝贵的建设性意见,在此一并致谢!

参考文献 (References)

- 1 况军,姚根顺,朱国华,等. 准噶尔盆地腹部地区侏罗系三工河组相对优质储集层的成因[J]. 石油勘探与开发,2001,28(6):34-37. [Kuang Jun, Yao Genshun, Zhu Guohua, et al. The origin of favorable sandstone reservoirs of Sangonghe Formation, Lower Jurassic in central Junggar Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(6): 34-37.]
- 2 况军,唐勇,朱国华,等. 准噶尔盆地侏罗系储集层的基本特征及其主控因素分析[J]. 石油勘探与开发,2002,29(1):52-55. [Kuang Jun, Tang Yong, Zhu Guohua, et al. Basic characteristics and main controlling factors of Jurassic reservoirs in Junggar Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(1): 52-55.]
- 3 何登发,陈新发,张义杰,等. 准噶尔盆地油气富集规律[J]. 石油学报,2004,25(3):1-10. [He Dengfa, Chen Xinfu, Zhang Yijie, et al. Enrichment characteristics of oil and gas in Junggar Basin[J]. Acta Petroli Sinica, 2004, 25(3): 1-10.]
- 4 贾进华,顾家裕,郭庆银,等. 塔里木盆地克拉2气田白垩系储层沉积相[J]. 古地理学报,2001,3(3):67-75. [Jia Jinhua, Gu Jiayu,

- Guo Qingyin, et al. Sedimentary facies of Cretaceous reservoir in Kela-2 gas field of Tarim Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2001, 3(3): 67-75.]
- 5 贾承造,宋岩,魏国齐,等. 中国中西部前陆盆地的地质特征及油气聚集[J]. 地学前缘,2005,12(3):3-13. [Jia Chengzao, Song Yan, Wei Guoqi, et al. Geological features and petroleum accumulation in the foreland basins in central and western China[J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(3): 3-13.]
- 6 杜金虎,王招明,胡素云,等. 库车前陆冲断带深层大气区形成条件与地质特征[J]. 石油勘探与开发,2012,39(4):385-393. [Du Jinhua, Wang Zhaoming, Hu Suyun, et al. Formation and geological characteristics of deep giant gas provinces in the Kuqa foreland thrust belt, Tarim Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(4): 385-393.]
- 7 江德昕,王永栋,魏江. 新疆拜城早白垩世孢粉植物群及其环境意义[J]. 古地理学报,2008,10(1):77-86. [Jiang Dexin, Wang Yongdong, Wei Jiang. Palynoflora and its environmental significance of the Early Cretaceous in Baicheng, Xinjiang Autonomous Region[J]. Journal of Palaeogeography, 2008, 10(1): 77-86.]
- 8 梅冥相,于炳松,靳卫广. 塔里木盆地北缘库车盆地白垩系风成砂岩研究——以库车河剖面为例[J]. 地质通报,2004,23(12):1221-1227. [Mei Mingxiang, Yu Bingsong, Jin Weiguang. Cretaceous eolian sandstones in the Kuqa Basin on the northern margin of the Tarim Ba-

- sin: A case study of the Kuqa river section[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(12): 1221-1227.]
- 9 许有鹏, 杨戊. 塔克拉玛干沙漠周围主要河流水文序列特性分析[J]. 干旱区资源与环境, 1994, 8(4): 17-25. [Xu Youpeng, Yang Wu. Hydrologic series characteristics analysis of the major rivers around the Taklimakan desert[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 1994, 8(4): 17-25.]
  - 10 王润. 塔里木河的洪水及其对环境的影响[J]. 干旱区资源与环境, 1996, 10(1): 52-57. [Wang Run. Some problems about floods of the Tarim River[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 1996, 10(1): 52-57.]
  - 11 王延贵, 胡春宏, 周文浩, 等. 塔里木河干流河道的河型及其成因[J]. 泥沙研究, 2002(6): 19-25. [Wang Yangui, Hu Chunhong, Zhou Wenhao, et al. Study on river patterns of the Tarim River[J]. Journal of Sediment Research, 2002(6): 19-25.]
  - 12 满苏尔. 沙比提, 玉素甫江. 如素力, 阿布拉江. 苏来曼. 渭干河流域水资源及其水文特征分析[J]. 山地学报, 2003, 21(2): 195-200. [Mansur Sabit, Yusupjan Rusul, Ablajan Sulayman. Analysis of water resources and its hydrological characteristics of Weigan River basin[J]. Journal of Mountain Science, 2003, 21(2): 195-200.]
  - 13 王心源, 常月明, 高超, 等. 半干旱区季节性河流在荒漠化发育中的作用——以内蒙古四子王旗塔布河流域为例[J]. 地理研究, 2004, 23(4): 440-446. [Wang Xinyuan, Chang Yueming, Gao Chao, et al. The role of seasonal river in the evolution of desertification in semi arid region: Taking Tabu river basin of Inner Mongolia as an example[J]. Geographical Research, 2004, 23(4): 440-446.]
  - 14 李卫红, 陈亚宁, 郝兴明, 等. 新疆天山北坡河川径流对气候变化的响应研究——以头屯河为例[J]. 中国科学(D辑): 地球科学, 2006, 36(增刊II): 39-44. [Li Weihong, Chen Yaning, Hao Xingming, et al. Response of runoff to climate change in Xinjiang, the northern slope of the Tianshan Mountains in Toutun River as an example[J]. Science China(Seri.D): Earth Sciences, 2006, 36(Suppl. II): 39-44.]
  - 15 史兴民, 李有利, 杨景春. 玛纳斯河流域地貌初步研究[J]. 四川师范大学学报: 自然科学版, 2007, 30(3): 406-410. [Shi Xingmin, Li Youli, Yang Jingchun. Study on the landform of Manas River Valley[J]. Journal of Sichuan Normal University: Natural Science, 2007, 30(3): 406-410.]
  - 16 刘月兰. 新疆奎屯河水文特征分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(15): 6460-6461. [Liu Yuelan. Analysis of the hydrological characteristics of Xinjiang Kuitun River[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(15): 6460-6461.]
  - 17 吴崇筠, 刘宝珺, 王德发, 等. 碎屑岩沉积相模式[J]. 石油学报, 1981, 2(4): 1-10. [Wu Chongyun, Liu Baojun, Wang Defa, et al. Patterns of sedimentary facies of clastics in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 1981, 2(4): 1-10.]
  - 18 王随继, 倪晋仁, 王光谦. 河流沉积学研究进展及发展趋势[J]. 应用基础与工程科学学报, 2000, 8(4): 362-369. [Wang Suiji, Ni Jinren, Wang Guangqian. The evolution and direction of research in fluvial sedimentology[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2000, 8(4): 362-369.]
  - 19 张昌民, 张尚锋, 李少华, 等. 中国河流沉积学研究 20 年[J]. 沉积学报, 2004, 22(2): 183-192. [Zhang Changmin, Zhang Shangfeng, Li Shaohua, et al. Advances in Chinese fluvial sedimentology from 1983 to 2003[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(2): 183-192.]
  - 20 高志勇, 罗平, 郑荣才, 等. 四川磨溪-龙女寺构造香溪群高分辨率层序地层分析[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2005, 32(6): 597-603. [Gao Zhiyong, Luo Ping, Zheng Rongcai, et al. The high-resolution sequence stratigraphy analysis of the Upper Triassic Xiangxi Formation in the Moxi-Longnusi structure of Sichuan, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2005, 32(6): 597-603.]
  - 21 高志勇, 韩国猛, 张丽华. 河流相沉积中的准层序——以四川中部须家河组为例[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(1): 59-68. [Gao Zhiyong, Han Guomeng, Zhang Lihua. Parasequence of fluvial deposit: A case study of the Xujiache Formation in central Sichuan[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(1): 59-68.]
  - 22 高志勇. 河流相沉积中准层序与短期基准面旋回对比研究——以四川中部须家河组为例[J]. 地质学报, 2007, 81(1): 109-118. [Gao Zhiyong. Correlation of parasequence and short-term base level cycles in river facies: A case of the Xujiache Formation in central Sichuan[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(1): 109-118.]
  - 23 Miall A D. Lithofacies types and vertical profile models in braided rivers; a summary[C]// Miall A D. Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir, 1978, 5: 597-604.
  - 24 Miall A D. Analysis of Fluvial Depositional Systems[M]. American Association of Petroleum Geologists, 1982: 33.
  - 25 Miall A D. Basin analysis of fluvial sediments[C]// Collinson J D, Lewin J. Modern and Ancient Fluvial Systems. USA: John Wiley & Sons, Inc., 1983, 6: 279-286.
  - 26 Miall A D. Architectural-element analysis: a new method of facies applied to fluvial deposits[J]. Earth-Science Reviews, 1985, 22(4): 261-308.
  - 27 Miall A D. Architectural elements and bounding surfaces in fluvial deposits: anatomy of the Kayenta formation (lower Jurassic), Southwest Colorado[J]. Sedimentary Geology, 1988, 55(3/4): 233-240, 247-262.
  - 28 Miall A D. Reservoir heterogeneities in fluvial sandstones: lessons from outcrop studies[J]. AAPG Bulletin, 1988, 72(6): 682-697.
  - 29 许炯心. 人为季节性河流的初步研究[J]. 地理研究, 2000, 19(3): 234-242. [Xu Jiongxin. A preliminary study of human-induced seasonal rivers: examples from China[J]. Geographical Research, 2000, 19(3): 234-242.]
  - 30 Mather A. Arid environments[C]// Perry C, Taylor K. Environmental Sedimentology. Wiley-Blackwell, 2006: 144-189.
  - 31 张国威, 刘志辉, 商思臣, 等. 新疆内陆干旱区河流日径流模拟比较分析[J]. 冰川冻土, 1992, 14(1): 25-32. [Zhang Guowei, Liu Zhihui, Shang Sichen, et al. Comparative analysis of simulated daily runoff for the rivers of inland arid area in Xinjiang[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1992, 14(1): 25-32.]
  - 32 Collinson J D, Lewin J. 现代和古代河流沉积体系[M]. 裴悻楠, 甘

- 克文译. 北京:石油工业出版社, 1991: 273-288. [Collinson J D, Lewin J. Modern and Ancient Fluvial Systems[M]. Translated by Qiu Yanan, Gan Kewen. Beijing: Petroleum Industry Press, 1991: 273-288.]
- 33 Olsen H, Larsen P H. Structural and climatic controls on fluvial depositional systems: Devonian, North-east Greenland [C]// Marzo M, Puigdefábregas C. Alluvial Sedimentation. USA: John Wiley & Sons, Inc, 1993, 17: 401-423.
- 34 Hassan M A. Bed material and bedload movement in two ephemeral streams [C]// Marzo M, Puigdefábregas C. Alluvial Sedimentation. USA: John Wiley & Sons, Inc, 1993, 17: 37-49.
- 35 Dreyer T. Quantified fluvial architecture in ephemeral stream deposits of the Esplugafreda Formation (Palaeocene), Tremp-Graus basin, northern Spain [C]// Marzo M, Puigdefábregas C. Alluvial Sedimentation. USA: John Wiley & Sons, Inc, 1993, 17: 337-362.
- 36 李华启,姜在兴,邱隆伟,等. 柯克亚凝析气田中新统西河甫组季节性河流沉积特征研究[J]. 新疆地质, 2003, 21(1): 69-73. [Li Huaqi, Jiang Zaixing, Qiu Longwei, et al. Seasonal river sedimentation of Xihefu Formation in Kekeya gas condensate field[J]. Xinjiang Geology, 2003, 21(1): 69-73.]
- 37 梁俊红,巩恩普,董旭明,等. 辽西义县盆地义县组底部沉积相与沉积环境分析[J]. 沉积学报, 2007, 25(4): 545-553. [Liang Junhong, Gong Enpu, Dong Xuming, et al. Sedimentary facies and palaeoenvironment analyses on Yixian Formation bottom layers of Yixian Basin, in western Liaoning province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(4): 545-553.]
- 38 李开封,穆桂金,徐立帅,等. 塔里木河干流古河道表层沉积物粒度特征及其意义[J]. 水土保持通报, 2012, 32(1): 161-164. [Li Kaifeng, Mu Guijin, Xu Lishuai, et al. Grain size characteristics and their significance for surface sediment of paleochannels along main stream of Tarim River [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2012, 32(1): 161-164.]
- 39 高志勇,冯佳睿,周川闽,等. 干旱气候环境下季节性河流沉积特征——以库车河剖面下白垩统为例[J]. 沉积学报, 2014, 32(6): 1060-1071. [Gao Zhiyong, Feng Jiarui, Zhou Chuanmin, et al. Arid climate seasonal rivers deposition: A case of Lower Cretaceous in Kuche River outcrop [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2014, 32(6): 1060-1071.]
- 40 庞军刚,国吉安,李文厚,等. 古沙漠记录的沉积体系及层序地层研究进展——以鄂尔多斯盆地白垩系为例[J]. 地层学杂志, 2011, 35(1): 95-102. [Pang Jungang, Guo Ji'an, Li Wenhou, et al. Advance of depositional system and sequence stratigraphy in paleodesert record: Taking the Cretaceous strata in Ordos Basin as an example [J]. Journal of Stratigraphy, 2011, 35(1): 95-102.]
- 41 邓胜徽,卢远征,樊茹,等. 新疆北部的侏罗系[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2010. [Deng Shenghui, Lu Yuanzheng, Fan Ru, et al. The Jurassic System of Northern Xinjiang, China [M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2010.]
- 42 许书堂,焦存礼,王敬缺. 伊犁盆地沉积岩颜色指数特征、盆地演化与有利勘探层系[J]. 勘探家, 1998, 3(3): 60-63. [Xu Shutang, Jiao Cunli, Wang Jingque. Color index characteristics of sedimentary rock, basin evolution and advantageous exploration layers in Yili Basin [J]. Petroleum Explorationist, 1998, 3(3): 60-63.]
- 43 刘宝珺,曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法[M]. 北京:地质出版社, 1985. [Liu Baojun, Zeng Yunfu. Lithofacies Palaeogeography and Working Method [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985.]
- 44 王成,龚庆杰,李刚,等. 从南海沉积物中的主量元素比值变化看沉积物源区化学侵蚀变化[J]. 海洋地质动态, 2007, 23(1): 1-5. [Wang Cheng, Gong Qingjie, Li Gang, et al. Chemical weathering changes in sediment source areas showed by changes in major element ratios of sediments of the South China Sea [J]. Marine Geology Letters, 2007, 23(1): 1-5.]
- 45 陈建芳. 古海洋研究中的地球化学新指标[J]. 地球科学进展, 2002, 17(3): 402-410. [Chen Jianfang. New geochemical proxies in paleoceanography studies [J]. Advance in Earth Science, 2002, 17(3): 402-410.]
- 46 Nesbitt H W, Young G M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites [J]. Nature, 1982, 299(5885): 715-717.
- 47 Yang S Y, Li C X, Cai J G. Geochemical compositions of core sediments in eastern China; implication for Late Cenozoic palaeoenvironmental changes [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2006, 229(4): 287-302.
- 48 蔡雄飞,廖计华,蔡海磊,等. 一个非牵引流堆积的重要场所——辫状河[J]. 海洋地质动态, 2007, 23(6): 12-16. [Cai Xiongfei, Liao Jihua, Cai Hailei, et al. A non traction important places flow accumulation: braided river [J]. Marine Geology Letters, 2007, 23(6): 12-16.]
- 49 W. 施奈德,赵霞飞,龙能礼,等. 准噶尔盆地头屯河地区侏罗系沉积环境与构造意义[J]. 新疆地质, 1992, 10(3): 191-203. [Schneider W, Zhao Xiafei, Long Nengli, et al. Sedimentary environment and tectonic implication of Jurassic in Toutunhe area, Junggar Basin [J]. Xinjiang Geology, 1992, 10(3): 191-203.]
- 50 胡斌,吴贤涛,潘丽敏. 川西峨眉晚古生代和中生代河流沉积中的痕迹化石群落[J]. 沉积学报, 1991, 9(4): 128-135. [Hu Bin, Wu Xiantao, Pan Limin. Ichnocoenoses of the Late Paleozoic and Mesozoic fluvial deposits of Emei area, western Sichuan, China [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1991, 9(4): 128-135.]
- 51 张永忠,张建平,金小赤,等. 天山南侧第三系遗迹化石新发现[J]. 地质通报, 2004, 23(11): 1157-1159. [Zhang Yongzhong, Zhang Jianping, Jin Xiaochi, et al. New discovery of Tertiary trace fossils from southern Tianshan, Xinjiang [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(11): 1157-1159.]

## Distribution of a Large Area of Sand Body Formation Mechanism: Ephemeral Streams in Arid Climate

GAO ZhiYong<sup>1,2</sup> ZHOU ChuanMin<sup>1,2</sup> FENG JiaRui<sup>1,2</sup> CUI JingGang<sup>1,2</sup>  
GUO MeiLi<sup>3</sup> WU Hao<sup>3</sup>

(1. Petroleum Geology Research and Laboratory Center RIPED, Beijing 100083;

2. State Key Laboratory of Enhanced Oil Recovery (Research Institute of Petroleum Exploration and Development), Beijing 100083;

3. China University of Geosciences, Beijing 100083)

**Abstract:** A major breakthrough of thick bedded sandstone oil and gas exploration is in China's western Xinjiang region of Jurassic and Cretaceous. Large areas of thick layer of sand body and red mudstone layer deposition formation mechanism have been a research focus by attention for a long time. Combined with much more information including southern margin of Junggar Basin sedimentary system of seasonal rivers, sand body distribution characteristics of analysis, and analysis of the lithofacies assemblages and rock color, sedimentary structure and formation mechanism of sandstone and mudstone of the Haojiagou-Toutun River section and Manasi River section of Toutun River formation of Middle Jurassic in upper part of Middle Jurassic Qigu and Kalazha Formation in the southern margin of the Junggar Basin, We think arid climate background ephemeral streams are the main sediment types of the period. An ephemeral streams sand body configuration and the genetic model have been established, and further understanding of ancient ephemeral streams sedimentary will provide the beneficial reference in China.

**Key words:** large area of sand body; arid climate; ephemeral streams; sand body configuration; the southern margin of the Junggar Basin; Middle and Upper Jurassic