

# 河流相单河道砂体刻画

——以准噶尔盆地西北缘一中区及三4区三叠系克下组为例

何苗<sup>1</sup>, 金振奎<sup>2</sup>, 李廷栋<sup>1</sup>, 郭秀娟<sup>3</sup>, 杨婷<sup>4</sup>

1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037
2. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249
3. 中国石化石油勘探开发研究院油田开发所, 北京 100083
4. 中国海洋石油总公司研究总院海外评价中心, 北京 100027

**摘要** 以克拉玛依油田一中区和三4区为例, 以建立整个一三区的地质对比格架为基础, 结合前人研究成果、野外露头资料和测井解释, 将一中区及三4区辫状河和曲流河分别划分为3种亚相4种微相。对各个单砂层时期沉积的单河道砂体进行识别, 总结了识别单河道砂体的5种常用方法。综合运用这5种方法, 将一中区和三4区单河道砂体归为3类7种(完全切叠式、不完全切叠式、交错式、单边对接式、多边对接式、似对接式、孤立式), 对不同类型单河道砂体的宽度、厚度、宽厚比进行了统计, 表明河流相单砂体宽度和厚度成正相关关系; 通过两个区块克下组不同单河道沉积时期的单河道砂体平面分布图, 认为河流相辫状河单河道常由连片状砂体和交织带状砂体组成, 曲流河单河道通常由带状砂体和交织带状砂体组成。

**关键词** 单砂体; 辫状河; 曲流河; 微相; 砂体识别方法; 砂体展布; 准噶尔盆地

**中图分类号** TE121.34

**文献标志码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.06.002

## Single Sand Body Description of River Facies: Lower Karamay Formation of Triassic in Area 1Z & Area 34, Northwest Junggar Basin as Examples

HE Miao<sup>1</sup>, JIN Zhenkui<sup>2</sup>, LI Tingdong<sup>1</sup>, GUO Xiujuan<sup>3</sup>, YANG Ting<sup>4</sup>

1. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China
2. College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China
3. Oilfield Exploration Department, Petroleum Exploration and Development Research Institute, Sinopec, Beijing 100083, China
4. Overseas Evaluation Center, Research Institute of CNOOC, Beijing 100027, China

**Abstract** With Area 1Z and Area 34 in Karamay Oilfield as examples, the stratigraphic division and correlation framework of Districts One and Three is built. Based on the previous results, the outcrop data and the logging interpretations, and the environment of river sediments, the braided river and the meandering river are divided into 3 subfacies and 4 microfacies. Five identification methods of single sand bodies and their applications are analyzed. Using these 5 methods, the single sand bodies of Area 1Z and Area 34 are divided into 3 categories (7 types in all). Also, statistical analyses are made on the width, the thickness, and their ratio for each type. It is shown that the width and the thickness of river single sand bodies are positively related. Finally, the distributing maps of single sand bodies of each period are obtained, with single channels of braided rivers mostly consisting of sheet-like and interweave banded single sand bodies, and single channels of meandering rivers mostly consisting of banded and interweave banded

收稿日期: 2013-11-12; 修回日期: 2014-01-09

基金项目: 国家科技重大专项(2011ZX05043-005); 中国地质调查局基础地质综合研究项目(12120111Zd81)

作者简介: 何苗, 博士研究生, 研究方向为沉积地层学、储层沉积学, 电子邮箱: peachlike1988@foxmail.com

引用格式: 何苗, 金振奎, 李廷栋, 等. 河流相单河道砂体刻画——以准噶尔盆地西北缘一中区及三4区三叠系克下组为例[J]. 科技导报, 2014, 32(6): 17-24.

single sand bodies.

**Keywords** single sand body; braided river; meandering river; microfacies; identification methods of sand body; sand body distribution; Junggar basin

河流相单砂体的叠置规律和展布对河流相储层的预测有着重要意义。在野外露头方面,1983年,Allen第一次在河流相沉积物中划分出了三级界面,并同Mail完整地提出了河流相储层构型要素分析法<sup>[1-3]</sup>。而在国内,在地下储层方面,何文祥等<sup>[4,5]</sup>对孤岛油田曲流河河道内部点坝砂体进行了详细的解剖,在单井上对点坝内部隔层进行了划分,并确立了点坝内部侧积体及侧积层特征;侯加根等<sup>[6]</sup>以黄骅坳陷孔店油田新近系馆陶组辫状河为例,对心滩坝进行了刻画;文献[7]~[10]对曲流河单河道边界进行了识别,并对点砂坝进行了刻画;文献[11]~[15]再次对河流内部构型模式进行了分析。

虽然前人对河流相砂体的展布和叠置规律已经有了一定认识,但是对于准噶尔盆地西北缘地区河流相单河道划分的依据尚未确定,单河道在研究区平面展布规律的研究尚未开展。本研究在对一三区整体地层认识的基础上,以克拉玛

依油田一中区和三4区为例,结合沉积微相划分,从地下储层及野外露头方面,综合对准噶尔盆地西北缘河流相单河道进行刻画研究。

### 1 工区概况

克拉玛依油田一中区、三4区分别位于克拉玛依市以东约12 km处和8 km处(图1)。研究区三叠系克下组地层厚度48~60 m,本研究首先对一中区及三4区进行精细地层划分与对比,并以此为基础,建立起一中区和三4区单砂层级别的地层对比格架(图2)。本研究认为克拉玛依油田一中区和三4区克下组沉积时期,自下而上为冲积扇、辫状河、湖泊、辫状河和曲流河,其中,辫状河砂体横向连续性较好,曲流河较差。由于本次研究对象为河流相单砂体,因此本文对曲流河及辫状河进行了亚相微相的划分(表1)。

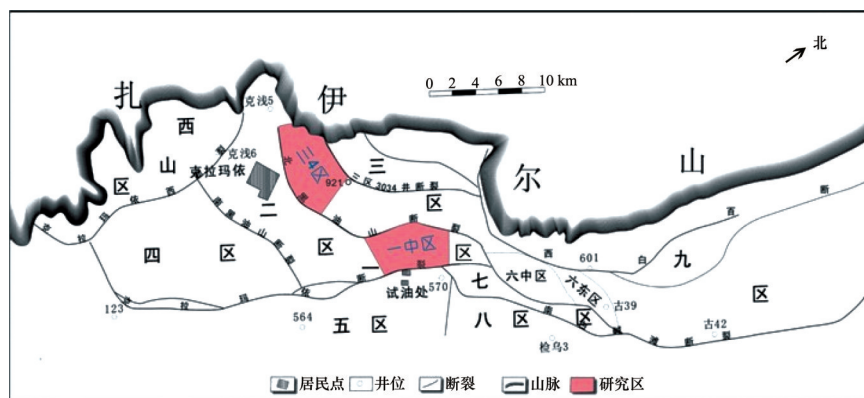


图1 克拉玛依油田一中区及三4区地理位置示意

Fig. 1 Geographic location of Area 1Z and Area 34, Karamay Oilfield

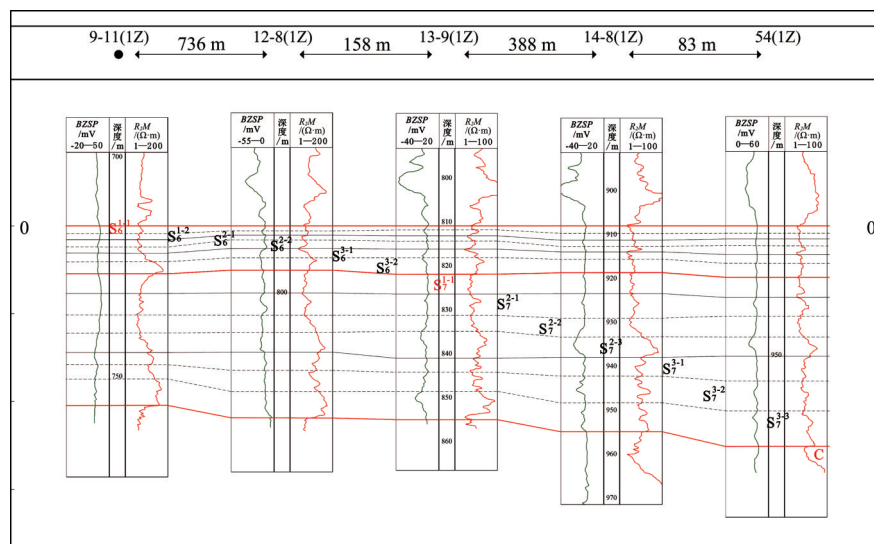


图2 克拉玛依油田一中区连井剖面分层示意

Fig. 2 Stratigraphic division and correlation of Area 1Z, Karamay Oilfield

表1 一中区及三四区河流相亚相微相划分

Table 1 Subfacies and microfacies of river facies in Area 1Z and Area 34

相	发育层位	亚相	微相	砂(砾)体
辫状河	$S_6^{3-1}, S_6^{3-2}, S_7^{2-1}, S_7^{2-2}, S_7^{2-3}$	河道	水道 心滩	粗砂,砂砾 砂砾
		河漫	河漫滩	无
		溢岸	溢岸	粉砂,细砂
		河道	水道 边滩	细砂,粗砂 粗砂,含砾砂
曲流河	$S_6^{1-1}, S_6^{1-2}, S_6^{2-1}, S_6^{2-2}$	河漫	河漫滩	无
		堤岸	天然堤	粉砂,细砂
		河道	水道	细砂,粗砂

## 2 单河道砂体识别方法

本研究运用了泥质隔夹层识别法、厚度中心法、地质模型约束法、岩电对比法、标志层等距法5种单河道砂体识别方法

(表2)。为了更加准确地识别单河道砂体,通常需要运用野外露头实测和测井资料,将垂向和平面识别单河道砂体的多种方法结合起来综合对单河道砂体边界进行刻画。

表2 单河道砂体识别方法

Table 2 Identification methods of single sand bodies

单河道砂体识别方法	方法说明	优点	缺点
泥质隔夹层识别法	单河道砂体之间常存在较薄的泥岩、泥质粉砂岩或泥质细砂岩隔夹层,从而导致砂体之间不连通,二者不属于同一单河道(排除了落於层的可能性)	不论从岩心还是测井曲线上都容易清晰地识别出厚度大于0.5 m的泥质隔夹层	对于有些不同粒度的岩石存在渐变特征,单砂体边界以及泥质隔夹层的厚度确定有一定困难。此外,不同井中岩性相同的岩石并不一定属于同一单河道
厚度中心法	单河道沉积应仅存在一个厚度中心,若是在砂体厚度等值线图中大范围连续分布的河道砂体存在两个或多个沉积中心,皆说明是多条河道叠加的结果,所以应尽可能一一区分	可以通过砂体等厚图清晰识别出厚度中心,从而识别出单河道	仅能从平面上观察到,不适用于垂向单砂体识别
地质模型约束法	根据对野外地质露头及现代沉积的考察发现单河道砂体的宽度应该不超过2 km,大多为几十米至500 m。若单河道砂体宽度过大,则很可能为多套单砂体叠置形成的较厚复合砂体	对于井下区域,由于井距有限,河道砂体宽度明显偏大,所以容易识别出过宽的河道砂体,并进行进一步划分	只能用于检验识别出的单砂体,但不能有效刻画单砂体界线
岩电对比法	同一单河道沉积应保持河道岩性、电性等的一致性,否则视为两期河道沉积。一般情况下,河道沉积多呈板状或透镜状,内部的隔层规模与河道沉积体相比极小,其厚度呈渐变变化。河道沉积岩性整体上为中间粗两侧细和下粗上细的沉积特征	在井下可以根据相似的岩性和电性特征识别出同一单河道砂体	有些测井曲线幅值会受到流体性质影响,如电阻率曲线
标志层等距法	同一河道顶界面的高程相差不大。如果相邻两口井所发育的河道砂体顶面高程差异较大,则可判断为两期河道,两井之间可能存在河道边界	有利于准确快捷在标志层附近寻找同一单河道砂体	由于后期构造运动影响可能会导致井与井之间高差的变化

泥质隔夹层识别法是指单河道之间通常不会有0.5 m以上的泥质隔夹层,以一中区10-3井及10-4井S<sub>3</sub>层位砂体为例(图3(a)),两套砂体间夹有约3 m的泥岩,因此不属于同

一条单河道;同理以三四区34471井S<sub>3</sub>层位砂体为例(图3(b)),曲线幅度并非渐变,而是在中间处有轻微下陷,表明此处有一个较薄的泥质隔夹层,因此可将上下识别成两套不同

的单河道砂体。厚度中心法是以平面砂体展布为依据,单河道砂体有几个厚度中心,就有几条单河道。地质模型约束法是指单河道宽度通常是有限的不会超过2 km,而从本次的两个研究区单河道砂体的平面展布图中估算得知,发育的单河道砂体宽度大多为几十至几百米左右。岩电对比法是指同一单河道砂体的岩性和电性特征相似,以一中区曲流河S<sub>6</sub>层位单河道砂体为例(图3(c)),9-4井、10-5井和9-8井的曲线形态及厚度差异较大,因此通常不属于同一套单河道砂体。

标志层等距法是指属于同一单河道的两套砂体与同一标志层的距离应不超过砂体本身厚度的1/3,例如三4区曲流河S<sup>3</sup>层位单河道砂体(图3(d)),34502井和34492井的曲线形态相似,但在两口井没有明显高差的前提下砂体高差相对较大,因此很可能不属于同一层位,也不属于同一套单河道砂体。

克拉玛依一中区和三4区克下组普遍发育冲积扇、辫状河、曲流河。由于冲积扇砂体叠置关系比较复杂,影响因素较多,本研究仅对河流相单砂体进行分析。

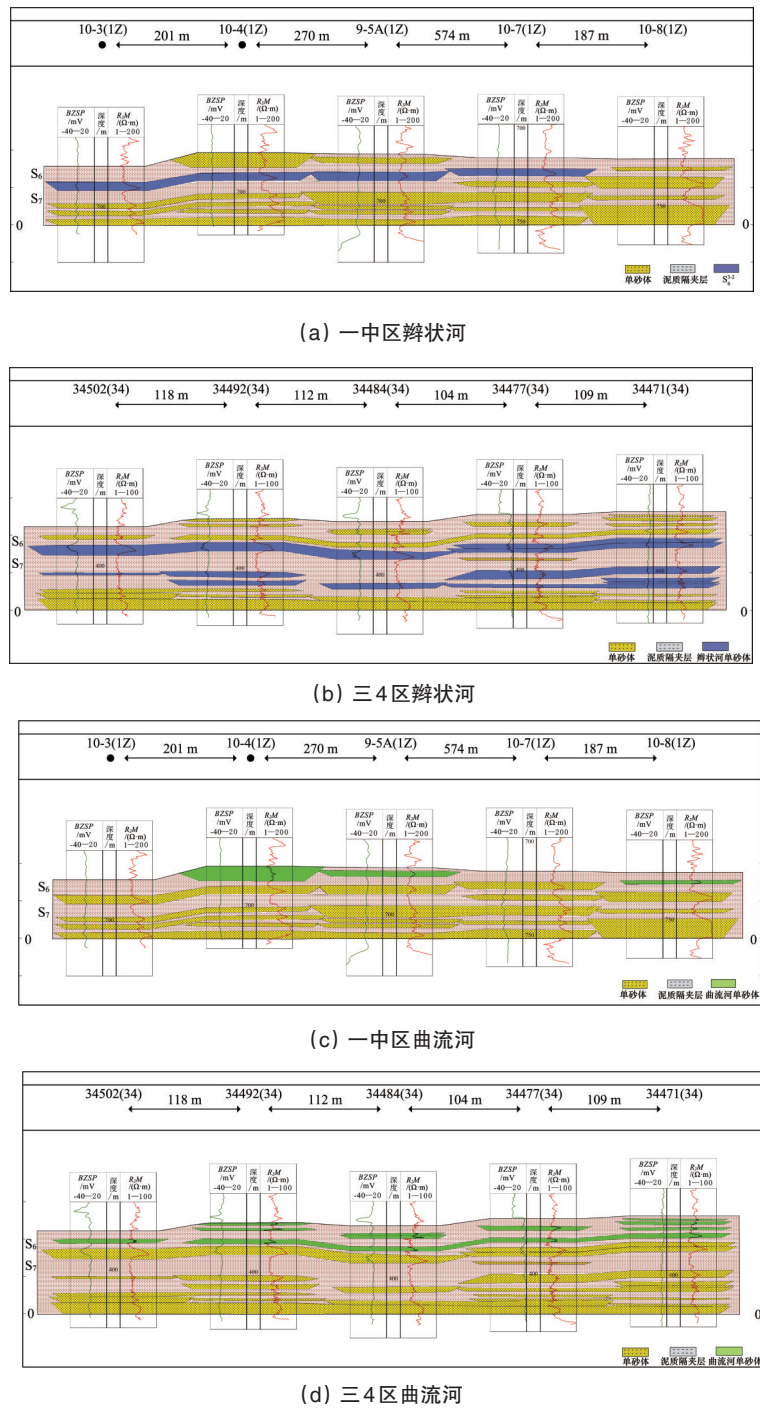


图3 河流相单河道砂体叠置关系

Fig. 3 Vertical combination relationships of river single sand bodies

### 3 单河道砂体垂向叠置关系

根据垂向上单河道砂体之间的连通程度和河道间叠置关系,将一中区和三四区克下组河流相单河道砂体垂向叠置关系划分为切叠型、对接型和孤立型3种类型(图4)。切叠型是指单河道砂体不仅在侧向上拼合而且在垂向上叠置,表现为由多个正韵律相互叠加构成的复合韵律,最大厚度可达10 m。根据单河道砂体之间的连通性和之间泥质隔层的分布特征,将切叠型进一步划分为完全切叠式、不完全切叠式和交错式3种形式。对接型指单河道砂体之间仅有侧向上的拼接,缺乏垂向上的叠置,可分为单边对接式、双边对接式和似对接式,河道间泥质隔层普遍存在,平面上不易区分。孤立式指单河道砂体孤立出现,单河道砂体之间距离较远(纵向上在1 m以上),之间不存在侵蚀接触。

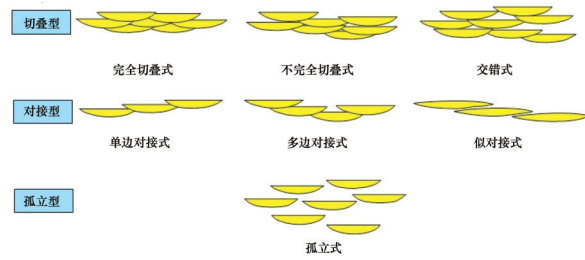


图4 单河道砂体垂向划分

Fig. 4 Vertical combination types of single sand bodies

一中区和三四区克下组辫状河单砂体组合型式主要为单边对接式、交错式、似对接式、不完全切叠式、完全切叠式(表3,图3(a)和(b)),曲流河单砂体组合型式主要为单边对接式和孤立式、不完全切叠式(表3,图3(c)和(d))。

表3 克拉玛依油田一中区及三四区克下组(T<sub>2</sub>k<sup>1</sup>)河流相单砂体空间组合型式

Table 3 Spatial combination types of river facies of T<sub>2</sub>k<sup>1</sup> in Area 1Z and Area 34, Karamay Oilfield

砂体类型	单砂体沉积时期	一中区空间组合类型	三四区空间组合类型
曲流河砂体	S <sub>6</sub> <sup>1-1</sup> , S <sub>6</sub> <sup>1-2</sup>	孤立式	孤立式, 单边对接式
	S <sub>6</sub> <sup>2-1</sup> , S <sub>6</sub> <sup>2-2</sup>	孤立式, 似对接式	孤立式, 单边对接式, 不完全切叠式
辫状河砂体	S <sub>6</sub> <sup>3-1</sup> , S <sub>6</sub> <sup>3-2</sup>	似对接式, 单边对接式, 不完全切叠式	单边对接式, 不完全切叠式
	S <sub>7</sub> <sup>2-1</sup> , S <sub>7</sub> <sup>2-2</sup> , S <sub>7</sub> <sup>2-3</sup>	不完全切叠式, 完全切叠式	交错式, 不完全切叠式, 单边对接式

### 4 单河道砂体形态及定量参数统计

#### 4.1 辫状河单河道砂体形态及定量参数统计

一中区辫状河以S<sub>6</sub><sup>2-2</sup>单砂层为例进行分析,共识别出4条单河道,单河道厚度为1~3 m,以1~2 m为主;单河道宽度为100~500 m,以250~400 m为主;宽厚比范围为150~240。三四区辫状河以S<sub>7</sub><sup>2-2</sup>单层为例进行分析,S<sub>7</sub><sup>2-2</sup>单层沉积时期河道砂体较厚,共划分出4条单河道,单河道厚度为1.0~2.5 m,以1.0~2.0 m为主;单河道宽度为80~400 m,以150~350 m为主;宽厚比为90~115(表4)。

由于只用少量单砂体的平均厚度和河道宽度来拟合趋

势线显得尤为不足,所以采取统计同一单砂体多条单河道的厚度与宽度的方法来获得多组数据,并作拟合趋势线(图5)。总的趋势是厚度越大,宽度越大。通过对这些数据整理,所拟合的函数为

$$\text{一中区 } L = 140.38 \times H^{0.6489}, \text{三四区 } L = 94.54 \times H^{1.1648}$$

其中,L为单河道砂体的横向延伸宽度,H为单河道砂体的厚度。从其函数的相关系数:一中区R<sup>2</sup> = 0.9568及三四区R<sup>2</sup> = 0.9558,可以看出其相关程度较高,拟合的趋势线具有较好的代表性,反映出砂质辫状河砂体宽度与厚度的基本关系。

表4 一中区及三四区克下组辫状河单砂体厚度,宽度及宽厚比

Table 4 Statistical table of depth, width and ratio of width to thickness of braided single sand bodies of T<sub>2</sub>k<sup>1</sup>, Area 1Z and Area 34

区块	单砂层	单砂体个数	最大厚度/m	平均厚度/ m	宽度/m	宽厚比
一中区	S <sub>6</sub> <sup>1-1</sup>	6	1	1	135	135
	S <sub>6</sub> <sup>2-2</sup>	4	3	2	400	200
	平均			2	1.5	267.5
三四区	S <sub>7</sub> <sup>2-1</sup>	3	3	1	100	100
	S <sub>7</sub> <sup>2-2</sup>	5	3	2	230	115
	S <sub>7</sub> <sup>2-3</sup>	6	3	2	180	90
	平均			3	2	187

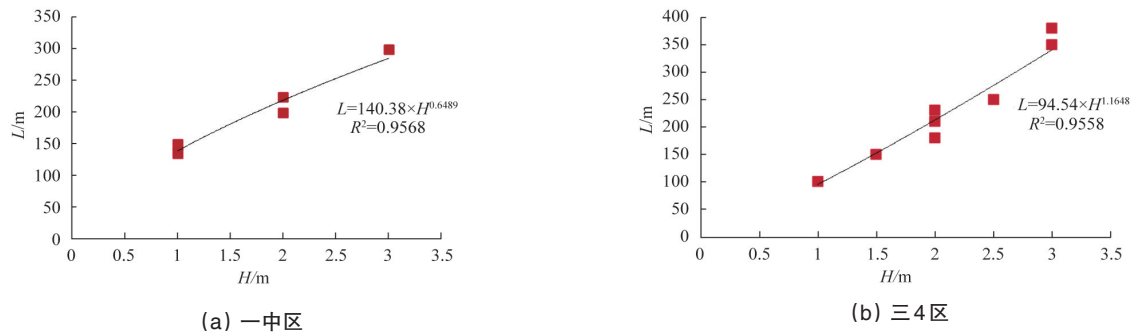


图5 一中区及三4区辫状河单河道砂体厚度与宽度关系

Fig. 5 Relationship of depth and width of braided single sand bodies in Area 1Z, Area 34

#### 4.2 曲流河单河道砂体形态及定量参数统计

一中区  $S_6^{1-1}$  单层沉积时期河道砂体厚度较薄, 共划分出5条单河道, 单河道厚度为1~2 m, 以1 m为主; 单河道宽度为100~140 m, 以120~140 m为主; 宽厚比范围为100~140。三4区  $S_6^{2-2}$  单层沉积时期河道砂体厚度较薄, 共划分出5条单河道, 单河道厚度为1~2 m, 以1 m为主; 单河道宽度为60~100

m, 以70~80 m为主; 宽厚比范围为70~100。

一中区和三4区其他单砂体  $S_6^{1-1}$ ,  $S_6^{2-1}$ ,  $S_6^{2-2}$  的砂体厚度、宽度及宽厚比统计见表5。由于克下组曲流河砂体厚度太薄, 因此无法拟合准确度较高的曲线。但通过数据, 能大体看出厚度越大, 其单河道宽度也会相应增大, 两者成一定的正相关关系。

表5 克拉玛依油田一中区及三4区曲流河单砂体厚度、宽度及宽厚比

Table 5 Statistical table of depth, width and ratio of width to thickness of meandering single sand bodies in Area 1Z and Area 34, Karamay Oilfield

区块	单砂层	单砂体个数	最大厚度/m	平均厚度/m	宽度/m	宽厚比
一中区	$S_6^{1-1}$	8	1	1	100	100
	$S_6^{1-2}$	5	1	1	115	115
	$S_6^{2-1}$	9	2	1	135	135
	$S_6^{2-2}$	2	1	1	100	100
	平均			1	1	113
三4区	$S_6^{1-1}$	6	1	1	70	70
	$S_6^{1-2}$	5	1.5	1	80	80
	$S_6^{2-1}$	2	1.5	1	75	75
	$S_6^{2-2}$	4	2	2	135	62.5
	平均			1	1.25	90

#### 5 单河道砂体平面展布

一中区辫状河  $S_6^{2-2}$  单河道砂体发育多, 单河道宽度150~350 m, 延伸超过500 m, 砂体以交织带状和连片状为主(图6(a));  $S_6^{2-1}$  单河道砂体发育宽度约150 m, 延伸超过650 m, 心滩宽度多为100 m, 最大250 m, 砂体多呈连片状和交织带状展布(图6(b))。因此, 一中区辫状河单河道砂体主要来源于西北和正北方向, 自下而上单河道砂体主要为连片状和交织带状, 少量带状。

三4区辫状河  $S_6^{2-3}$  单河道砂体十分发育, 宽度多约150 m, 最大可达400 m, 延伸超过800 m, 心滩宽度多为50~100 m, 最大约300 m, 砂体呈连片状和交织带状(图6(c))。  $S_6^{2-2}$  单河道砂体十分发育, 但比  $S_6^{2-3}$  略少, 单河道比  $S_6^{2-3}$  细, 宽度多约120 m, 最大约230 m, 延伸超过820 m, 广泛发育心滩, 心滩宽度多为50~100 m, 砂体以交织带状为主(图6(d))。因此, 三4

区辫状河单河道砂体主要来源于东北和正北方向, 自下而上单河道逐渐变少, 单河道砂体主要为连片状和交织带状展布。

一中区曲流河  $S_6^{2-1}$  单河道砂体十分发育, 宽度80~100 m, 延伸超过1000 m, 边滩宽度约50 m, 砂体多呈带状(图6(e));  $S_6^{1-2}$  单河道砂体发育较少, 宽度70~100 m, 延伸约800 m, 砂体呈带状(图6(f))。因此, 一中区曲流河砂体主要来源于西北和西部, 单河道砂体多呈带状和交织带状展布。

三4区曲流河  $S_6^{2-2}$  单河道砂体较发育, 宽度50~80 m, 延伸超过800 m, 边滩少发育, 宽度40~80 m, 砂体呈带状和交织带状(图6(g));  $S_6^{1-1}$  单河道不如  $S_6^{2-2}$ , 发育宽度约50 m, 延伸约1000 m, 边滩宽度30~80 m(图6(h)), 砂体多呈带状。由此可见, 三4区曲流河砂体主要来源于西北方向, 自下而上单河道由多至少, 砂体主要以带状和交织带状为主, 少量连片状砂体。

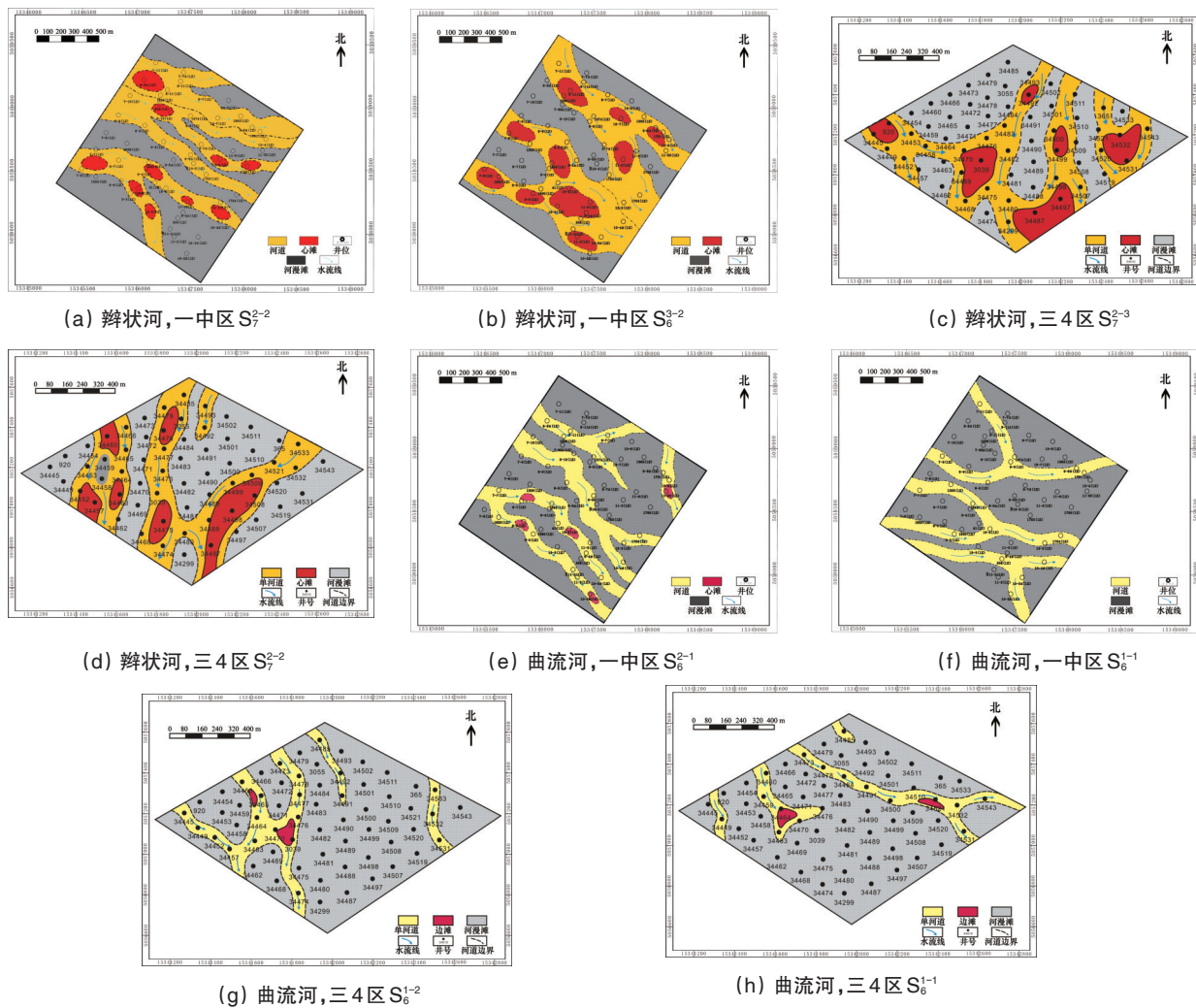


图6 河流相单河道砂体平面展布

Fig. 6 Lateral distribution of river single sand bodies

由平面上单砂体的组合特征可以看出,单砂体平面组合形态可以分为带状砂体、交织带状砂体、连片状砂体3种,不同类型的砂体具有不同的单砂体组合特征(表6)。连片状砂体通常由于同期发育多条河道,河流的侧向迁移作用较强,并且河道侵蚀明显,导致砂体横向分布较广,呈连片状分

布。带状砂体通常由于单河道本身规模限制或者多河道的叠加中缺乏细粒沉积,从而形成单独的河道。而交织带状砂体的形成很可能与河流的频繁迁移和改道有关。辫状河单河道常由连片状砂体和交织带状砂体组成,有时可夹杂少量带状砂体,曲流河单河道通常由带状砂体和交织带状砂体组成。

表6 一中区及三4区单砂体平面组合特征

Table 6 Lateral combination types of single sand bodies in Area 1Z and Area 34

单砂体组合形态	平面组合形态	垂向组合形态	单砂体主要叠置类型
连片状砂体			切叠型
交织带状砂体			对接型
带状砂体			孤立型

## 6 结论

1) 根据泥质隔夹层识别法、厚度中心法、地质模型约束法、岩电对比法、标志层等距法,对各个单砂层时期沉积的单河道砂体进行识别,并将单砂体划分为3类7种:完全切叠式、不完全切叠式、交错式、单边对接式、多边对接式、似对接式和孤立式。并通过平面上单河道宽厚统计表明,河流相单砂体宽度和厚度成正相关关系。

2) 通过对一中区及三四区河流相单河道垂向叠置关系的分析得出,辫状河单河道砂体多为完全切叠式、不完全切叠式、交错式、多边对接式、似对接式叠置,而曲流河单河道砂体常为不完全切叠式、单边对接式和孤立式叠置。平面上,辫状河单河道常由连片状砂体和交织带状砂体组成,而曲流河单河道通常由带状砂体和交织带状砂体组成。

**致谢** 中国石油大学(北京)各位同学及新疆克拉玛依勘探开发研究院在课题完成过程中给予诸多支持。

### 参考文献(References)

- [1] Allen J R L. Studies in fluvial sedimentation: An exploratory quantitative model for the architecture of avulsion-controlled alluvial suites[J]. *Sedimentary Geology*, 1978, 21(2): 129-147.
- [2] Allen J R L. Studies in fluvial sedimentation: bars, bar complexes and sandstone sheets (lower-sinuosity braided streams) in the Brownstones (L. Devonian), Welsh Borders[J]. *Sedimentary Geology*, 1983, 33(4): 237-293.
- [3] Miall A D. Reservoir heterogeneities in fluvial sandstones: Lessons from outcrop studies[J]. *AAPG*, 1988, 72(6): 682-697.
- [4] 何文祥, 吴胜和, 唐义疆, 等. 河口坝砂体构型精细解剖[J]. *石油勘探与开发*, 2005, 32(5): 42-46.  
He Wenxiang, Wu Shenghe, Tang Yijiang, et al. Detailed architecture analyses of debouch bar in Shengtuo Oilfield, Jiyang Depression[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2005, 32(5): 42-46.
- [5] 何文祥, 吴胜和, 唐义疆, 等. 地下点坝砂体内部构型分析——以孤岛油田为例[J]. *矿物岩石*, 2005, 25(2): 81-86.  
He Wenxiang, Wu Shenghe, Tang Yijiang, et al. The architecture analysis of the underground point bar: Taking Gudao Oilfield as an example[J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 2005, 25(2): 81-86.
- [6] 侯加根, 刘钰铭, 徐芳, 等. 黄骅坳陷孔店油田新近系馆陶组辫状河砂体构型及含油性差异成因[J]. *古地理学报*, 2008, 10(5): 459-464.  
Hou Jiagen, Liu Yuming, Xu Fang, et al. Architecture of braided fluvial sandbody and origin for petroliferous difference of the Guantao Formation of Neogene in Kongdian Oilfield of Huanghua Depression[J]. *Journal of Paleogeography*, 2008, 10(5): 459-464.
- [7] 郭长春. 河流相油藏定量表征技术研究[J]. *西部探矿工程*, 2011(2): 58-60.  
Guo Changchun. Quantitative characterization research of river oil reservoirs[J]. *West-china Exploration Engineering*, 2011(2): 58-60.
- [8] 周银邦, 吴胜和, 计秉玉, 等. 曲流河储层构型表征研究进展[J]. *地球*

科学进展, 2011, 26(7): 695-702.

Zhou Yimbang, Wu Shenghe, Ji Bingyu, et al. Research progress on the characterization of fluvial reservoir architecture[J]. *Advances in Earth Science*, 2011, 26(7): 695-702.

- [9] 李军, 宋新民, 薛培华, 等. 扶余油田杨大城子组曲流相油藏单砂体层次细分及成因[J]. *石油与天然气地质*, 2010, 31(1): 119-125.

Li Jun, Song Xinmin, Xue Peihua, et al. Hierarchical subdivision and origin of single sandbody in the reservoirs of meandering river facies in the Yangdachengzi Formation of Fuyu Oilfield[J]. *Oil & Gas Geology*, 2010, 31(1): 119-125.

- [10] 纪友亮, 周勇, 吴胜和, 等. 河流相地层高精度地层构型界面形成机制及识别方法[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2012, 32(2): 8-15.

Ji Youliang, Zhou Yong, Wu Shenghe, et al. Formation mechanism and recognizing method of high resolution strata architecture boundary in fluvial strata[J]. *Journal of China University of Petroleum: Natural Science Edition*, 2012, 32(2): 8-15.

- [11] 印森林, 吴胜和, 李俊飞. 砂砾质辫状河内部构型模式研究——以准噶尔盆地西北缘黑油山沟三叠系克拉玛依组露头为例[C]//中国矿物岩石地球化学学会第14届学术年会. 南京: 南京大学出版社, 2013: 84-85.

Yin Senlin, Wu Shenghe, Li Junfei, et al. Inner architectural model research of gravelly and sandy braided rivers: Take Heiyoushan Gou Triassic Karamay outcrops as examples, NW Junggar basin[C]//The 14<sup>th</sup> Annual Conference of Chinese Mineral Rock Geochemical Society. Nanjing: Nanjing University Press, 2013: 84-85.

- [12] 岳大力, 吴胜和, 温立峰, 等. 点坝内部构型控制的剩余油分布物理模拟[J]. *中国科技论文*, 2013, 8(5): 473-476.

Yue Dali, Wu Shenghe, Wen Lifeng, et al. Physical simulation of remaining oil distribution controlled by reservoir architecture within point-bar of meandering river[J]. *China Sciencepaper*, 2013, 8(5): 473-476.

- [13] 陈玉琨, 吴胜和, 毛平, 等. 砂质辫状河储集层构型表征——以大港油田区羊三木油田馆陶组为例[J]. *新疆石油地质*, 2012, 33(5): 523-526.

Chen Yukun, Wu Shenghe, Mao Ping, et al. Reservoir architectural characteristics of sandy braided river: Take Yangsanmu Oilfield Guantao Formation, Dagang Oil Area as examples[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2012, 33(5): 523-526.

- [14] 李宇鹏, 吴胜和. 储集层构型分级套合模拟方法[J]. *石油勘探与开发*, 2013, 40(5): 630-635.

Li Yupeng, Wu Shenghe. Hierarchical nested simulation approach in reservoir architecture modeling[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2013, 40(5): 630-635.

- [15] 吴胜和, 翟瑞, 李宇鹏. 地下储层构型表征: 现状与展望[J]. *地学前缘*, 2012, 19(2): 15-23.

Wu Shenghe, Zhai Rui, Li Yupeng. Architectural characteristics of underground reservoirs: Current situation and outlook[J]. *Earth Science Frontiers*, 2012, 19(2): 15-23.

(责任编辑 刘志远)