

文章编号: 1009-3850(2011)04-0064-06

辫状河三角洲储层砂体建筑结构分析

贾开富, 戴俊生, 刘海磊, 王珂

(中国石油大学(华东) 地球资源与信息学院, 山东 青岛 266555)

摘要: 本文应用建筑结构分析法研究塔河油田一区三叠系下油组砂体内部建筑结构。根据取心并岩心观察识别出12种岩相类型; 通过连井剖面对比和测井曲线识别, 采用层次分析的思路定义了7级界面; 在岩相识别和界面划分的基础上划分出7种结构要素: 河道滞留沉积(CHL)、河道充填(CH)、纵向砂坝(LB)、横向砂坝(TB)、落淤层(FS)、越岸细粒沉积(OF)和洪泛平原细粒(FF); 建立了砂体建筑结构平面组合模式: 平面以河道充填(CH)和砂坝(CB)为主。

关键词: 建筑结构分析; 岩相; 层次界面; 结构要素; 组合模式

中图分类号: TE122.2⁺4

文献标识码: A

1985年, 加拿大多伦多大学的A. D. Miall教授提出了建筑结构分析法。该方法通过分析岩石相组合、划分层次界面, 研究结构要素来研究河道砂体的几何形态、相组成及其规模, 进而描述河道储层砂体的非均质性, 建立储层三维精细地质模型^[1]。储层建筑结构要素分析方法现已成为认识河流相各种储层内部非均质性的有效途径。国内也有学者开展了油田地下储层建筑结构研究: 李阳等把结构单元分析法应用于胜利油田孤岛油区馆陶组上段(岩心)研究, 分析了其5-1+2砂层组河流沉积的结构单元^[2]; 李双应等以结构单元分析为基础, 结合岩石粒度分析、河流形态特征等因素, 研究了孤岛油田馆上段5-1+2砂层组的河流沉积模式^[3]; 渠芳等建立了孤岛油田馆上段河流相储层精细的单一成因砂体级别的储层剖面及平面构型, 分析了储层构型对油水分布的控制作用^[4]; 冯建伟等以胜坨油田二区沙二段3砂层组辫状河沉积体为例, 建立了结构要素定量模糊识别模型, 并编成软件, 对研究区进行了实际资料处理, 最后建立了储层建筑结构展布模型^[5]; 黄文科等研究了胜坨油田沙二段34小层砂体内部建筑结构, 建立了34小层砂

体的内部建筑结构模型^[6]。此外, 马厂油田^[7-8]; 河南双河油田^[9]; 大庆油田^[10-15]; 苏北的范庄油田^[16], 大港的羊三木油田^[17]、孔店油田^[18]等也开展了相关研究。

储层建筑结构要素分析方法的提出是为了满足油田进入高含水期储层横向精细预测的需要。塔河油田一区目前尚没有该方法的应用, 本文以建筑结构分析法为指导, 对工区内三叠系下油组储层作了砂体内部建筑结构分析, 为砂体横向精细划分与预测提供了依据。

1 区域地质概况

塔河油田一区三叠系下油组油藏在新疆维吾尔自治区轮台县城以南约54km处, 东距沙漠公路1km左右(图1)。其位于沙雅隆起中段南翼的阿克库勒凸起西南斜坡桑塔木构造上, 东邻达里亚背斜构造, 西接艾协克背斜构造, 南邻满加尔坳陷, 北与阿克库勒断块潜山背斜构造带相连。

塔河油田一区构造是艾协克南-桑塔木盐边构造带上的一个局部构造, 下油组顶部构造形态为典型的低幅牵引背斜, 长轴方向SW-NE向, 与断层的延伸方向一致。背斜南翼稍陡, 并被南北两组断层

收稿日期: 2011-03-24; 改回日期: 2011-04-07

作者简介: 贾开富(1987-), 中国石油大学(华东)在读理学硕士研究生, 研究方向为油区构造解析

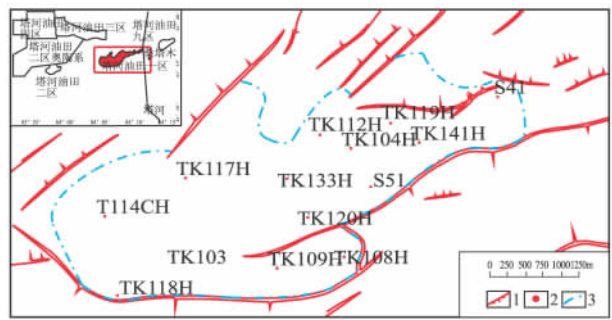


图1 塔里木盆地塔河油田1区交通位置图

1. 正断层; 2. 油井; 3. 油水界面

Fig. 1 Location of the Tahe Oil Field ,Tarim Basin ,Xinjiang
1 = normal fault; 2 = oil well; 3 = oil-water interface

切割,背斜长轴 10.6km,短轴 2.1km,闭合面积 17.6km²,闭合幅度 38m。塔河 1 区断裂分两组,沿 NE 向或 NEE 向呈雁行式排列,第一组断裂是沿塔河 1 号背斜南翼分布的 NEE 向南倾的正断层,第二组是沿塔河 1 号背斜北翼分布的 NE 向正断层,这两组断裂主要活动期为印支-燕山期。

目的层三叠系钻遇地层厚度 400 ~ 550m,上统称哈拉哈塘组、中统为阿克库勒组、下统是柯吐尔组。塔河油田一区三叠系油藏分为上、中、下 3 个油组,其下油组属中三叠统阿克库勒组下段,含油层段为油组上部砂岩段。

2 岩相类型分析

2.1 岩石类型

下油组储层主要为粗-细粒长石岩屑砂岩,其次为含砾砂岩及砂砾岩。储集岩石英含量一般在 25% ~ 35% 左右,长石含量一般在 20% ~ 35% 左右,岩屑含量一般在 40% ~ 47% 左右。粒度一般在

0.1 ~ 0.75mm 之间,分选中等,磨圆度以次棱角状为主、少量次圆状。

2.2 岩石相分析

在取心井岩心观察的基础上,参照岩石成分、粒径、沉积构造和一些局部的原生沉积属性,将研究区目的层岩相细分为 12 种类型,其中有 3 种砾岩相,5 种砂岩相,4 种粉砂和泥岩相(表 1)。

3 层次界面分析

在本次研究中:通过取心井岩心观察,连井剖面划分对比和测井曲线识别,采用层次分析的思路定义了 7 级界面,界面由大到小进行级别编号。

1 级界面是砂体的顶底面,对于单个砂体来说它的规模最大,代表沉积过程时间最长的沉积事件,它所包含的层次实体反映了古河道的整个生命历程。2 级界面代表河道沉积幕,沉积幕的垂向厚度与一个岩石相组合相当,实质上是河道的一次冲刷充填的完整旋回,即由粗到细的沉积过程。由于这一过程是河道规模的,称之为河道沉积幕。3 级界面被称之为河道沉积亚幕,是第 3 级的沉积旋回,也是河道规模的。一个沉积幕一般包括两个亚幕,亚幕层序相对不太完整,代表了河道规模的一次冲刷充填事件。4 级界面被定义为砂坝的边界面,由此级界面圈定了砂坝的范围。5 级界面是砂坝的加积生长面,代表了砂坝的生长过程。6 级界面是交错层的层系界面,相当于岩石相的边界。7 级界面是交错层纹层边界。

考虑到测井响应以及研究的精度,主要对 3 ~ 5 级界面进行了研究,其中 4 级界面结构要素的顶底界面是在小层级别范围内进行结构要素识别划分的

表 1 塔河一区三叠系砂体岩相类型

Table 1 Lithofacies classification of the Triassic sandstones from the first district of the Tahe Oil Field

相代码	相	沉积构造	解释
Ch ^[6]	碎屑支撑的砾岩	水平层理,叠瓦构造	滞留沉积
Gt	成层的砾岩	槽状交错层理	河道沉积、砂坝沉积
Gp	成层的砾岩	板状交错层理	河道沉积、砂坝沉积
St	细砂到极粗砂,可能含砾	单或成组槽状交错层理	河道沉积、砂坝沉积
Sp	细砂到极粗砂,可能含砾	单或成组槽状交错层理	河道沉积、砂坝沉积
Sr	极细砂到粗砂	波痕,交错层理	砂坝顶部沉积
Sh	细砂到极粗砂,可能含砾	水平层理	砂坝顶部沉积
Sl	细砂到极粗砂,可能含砾	低角度交错层理	砂坝沉积
Fm	砂,粉砂,泥	细纹理	越岸细粒、落淤层
Fl	粉砂,泥	块状	越岸细粒、落淤层
Fr	泥,粉砂	块状,植物,生物扰动	落淤层
C	炭质泥岩	植物,泥夹层	落淤层

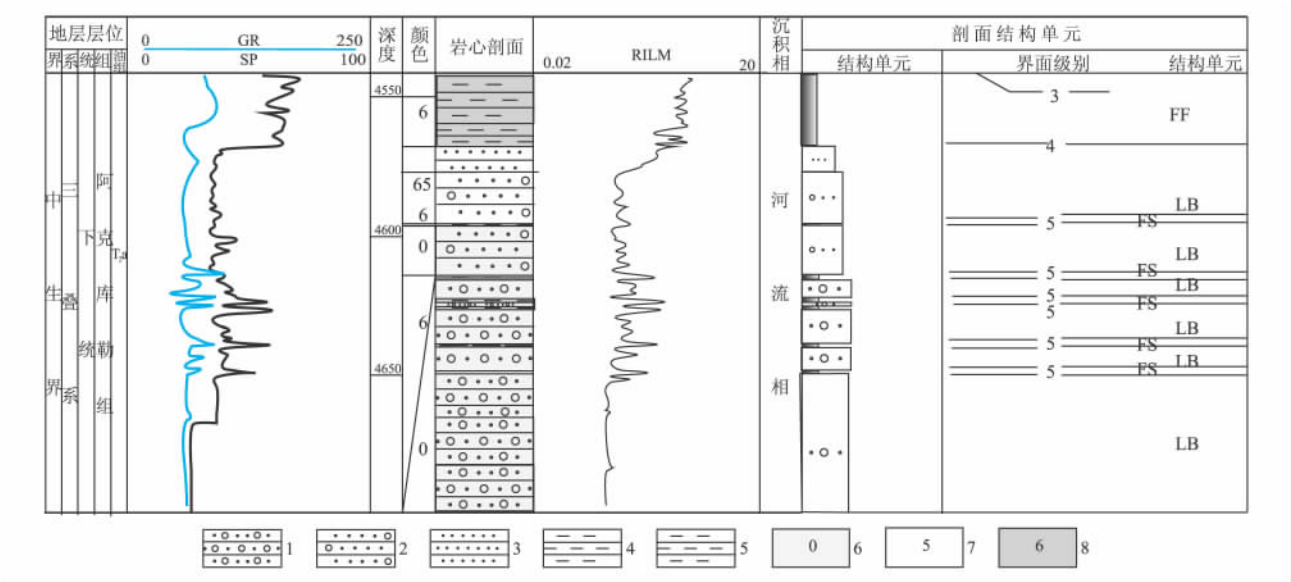


图2 S29 井下油组层次界面划分图

1. 砾状砂岩; 2. 含砾中砂岩; 3. 细砂岩; 4. 泥岩; 5. 碳质页岩; 6. 白色、灰白色; 7. 绿色、灰绿色; 8. 灰色. FF: 洪泛平原细粒; LB: 纵向砂坝; FS: 落淤层

Fig. 2 Division of the bounding surfaces in the Triassic Lower Oil Measures through the S29 well

1 = gravelly sandstone; 2 = gravel-bearing medium-grained sandstone; 3 = fine-grained sandstone; 4 = mudstone; 5 = carbonaceous shale; 6 = white and grayish white; 7 = green and grayish green; 8 = grey. FF = flood plain fines; LB = longitudinal sandbar; FS = fall-silt seam

重要界面 是本文研究的重点(图2) 。

从测井曲线提取反映结构要素的特征参数 根据三叠系沉积砂体结构要素的岩性、岩石结构、沉积构造、粒序变化、沉积韵律和岩石物性等特征 选用特征变化明显、地层段划分效果好的测井曲线 (自然电位 SP、微电极 ML 和微感应 RILM) 作为判别曲线。每条曲线提取特征参数 进行建筑结构的测井曲线识别。

河道充填沉积(CH) 位于河道滞流沉积之上或河道砂体下部 ,自然电位曲线呈漏斗形 ,微感应曲线幅度差较大 ,但不够稳定; 砂坝(TB ,LB) 位于河道滞流沉积之上或河道砂体下部 ,自然电位曲线呈箱形、似箱形 ,微感应曲线幅度差较大 ,而且稳定;

越岸细粒沉积(OF) 位于砂体顶部 ,自然电位曲线呈指状 而且幅度较小 ,微感应曲线较低略呈锯齿状 ,幅度差较小; 洪泛平原细粒沉积(FF) 的自然电位曲线、微感应曲线低平 ,而且幅度差很小; 落淤层(FS) 的位于砂坝沉积之中 ,自然电位曲线和微感应曲线发生明显回返 ,厚度较薄。

4 结构要素的类型

在岩相类型识别和结构界面划分的基础上 ,我们定义了辫状河流沉积的 7 种结构要素: 河道充填 (CH)、河道滞留沉积(CHL)、纵向砂坝(LB)、横向砂坝(TB)、落淤层(FS)、越岸细粒沉积(OF) 和洪泛平原细粒(FF) (表 2) 。

表2 塔河一区三叠系下油组结构要素类型

Table 2 Architectural elements of the Triassic Lower Oil Measures in the first district of the Tahe Oil Field

结构要素	符号	主要岩石类型	砂体内部几何形态
河道充填	CH	任何岩相	指状 透镜状或席状; 向上凹的侵蚀底; 尺度和形态变化大
河道滞留沉积	CHL	Gt、Gp	砾石呈叠瓦状定向排列 ,呈透镜体产出
纵向砂坝	LB	St、Sp、Sh、Sl、Sr	与水流方向平行的长形砂体 ,其分布方向和河道延伸方向基本一致
横向砂坝	TB	St、Sp、Sl、Sr	长轴与河道轴向垂直 ,发育有各种类型的波痕和交错层理 砂体一般呈透镜体
落淤层	FS	Fm、Fl	成层泥、粉砂沉积 ,多为粉砂、粉砂质泥沉积 ,富含炭屑 ,有机质丰富
越岸细粒沉积	OF	Sh、Sl、Sp、Sr	垂向上具有砂泥互层的特点
洪泛平原细粒	FF	Fm、Fl	多为细粒的泥质 ,呈薄片状

4.1 河道充填(CH)

具下凹的侵蚀冲刷底界面,可见各种岩相组合,一般呈指状、透镜状或席状。河道上部的填充物时常被冲刷侵蚀或被新的沉积物覆盖,沉积具有多层性,每一层界面都以侵蚀面为边界,常呈正粒序排列。

4.2 河道滞留沉积(CHL)

呈透镜状或条带状,可见 G_p 、 G_t 。由砂砾和泥砾等大量碎屑砾石组成,砾石呈叠瓦状定向排列,呈透镜体产出。

4.3 纵向砂坝(LB)

纵向砂坝是与水流方向平行的长形砂体,其分布方向和河道的延伸方向基本一致,它是在浅水地区由平行于砂坝的单向水流形成的,常见于砂质辫状河流的端部。其沉积物通常由粗粒的砂砾物质组成。砂坝的上端遭受侵蚀,下端接受沉积。在砂坝内部主要由砾石和砂的板状交错层理组成,多呈块状,常具向上变细的正粒序,但韵律不太明显。

4.4 横向砂坝(TB)

长轴与河道轴向垂直,横向砂坝的前缘有舌状、直线形和弯曲状几种类型。其前缘延伸方向与水流流向近于垂直。粒度变化较大,成分复杂,

可以从砾岩相至砂岩相,有时还有粉砂岩相与泥质岩相的夹层出现。发育有各种类型的波痕和交错层理。砂体一般呈透镜状,在平面上和剖面上都可以迅速过渡为其它粒级的岩石。

4.5 落淤层(FS)

为发育在心滩坝上部的成层泥岩、粉砂岩沉积,系每次洪泛事件末期发生的分布范围很大的一种悬浮落淤沉积。岩性多细粒的悬移质,有时质不纯,多为粉砂,粉砂质泥沉积(F_m , F_l)。富含炭屑(C),有机质丰富,颜色呈深灰、灰黑色。岩相与上下明显不同。发育波状层理,见爬升层理、虫孔、扰动构造和变形层理等。

4.6 越岸细粒沉积(OF)

由 F_m 、 F_l 岩相组成,垂向上具有砂泥砂泥间互的特点。层理构造以小型波状交错层理、槽状交错层理为主。垂向序列下部发育波状交错层理,上部泥岩发育水平纹层。

4.7 洪泛平原细粒(FF)

主要由 F_m 、 F_l 岩相组成,具纹层,波痕很少。沉积物多为细粒的泥质、淡水软体生物、钙结石和煤等,且常与决口扇薄层粉砂互层,呈薄片状,可为垂向加积作用的产物。

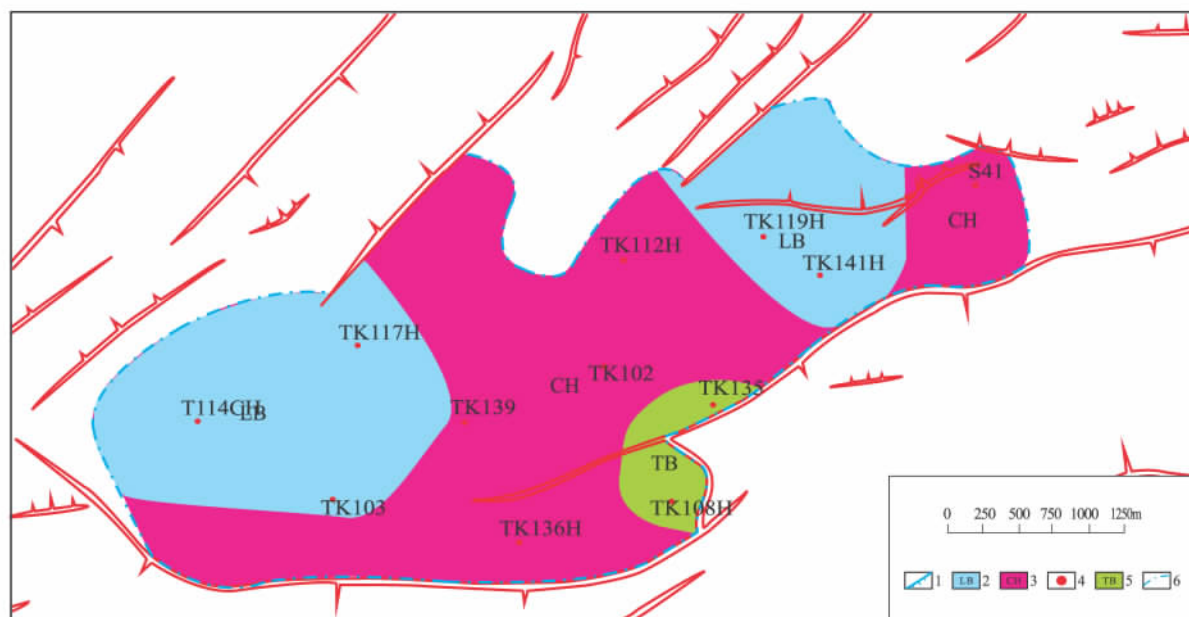


图3 T_2a^{1-1} 储层砂体建筑结构要素平面展布图

1. 正断层; 2. 纵向砂坝; 3. 河道充填; 4. 油井; 5. 横向砂坝; 6. 油水界面

Fig 3 Planar distribution of the architectural elements of the T_2a^{1-1} reservoir sandstones

1 = normal fault; 2 = longitudinal sand bar; 3 = channel filling; 4 = oil well; 5 = transverse bar; 6 = oil-water interface

5 建筑结构平面组合模式

河道在辫状河三角洲上摆动频繁,使多个不同成因的砂体在垂向及侧向相互连通,形成分布广阔的厚层砂岩,其储层的主要砂体类型为砂坝和河道充填。厚层河道砂岩对厚油层内部剩余油分布及三次采油效果的影响尤其显著^[19]。通过对本区取心、测井、粒度等资料分析,确定出下油组主要为辫状河三角洲沉积。

根据不同的岩相组合、内部几何形态、外部几何形态、界面的性质以及剖面特征,划分了塔河油田一区三叠系下油组 T_2a^{1-4} 砂体的结构单元平面展布图。该时期河流沉积砂体发育有河道充填沉积(CH)、横向砂坝(TB)、纵向砂坝(LB)等结构单元,其中河道充填砂体最为发育,其次为纵向砂坝沉积砂体(图3)。河道充填(CH)分布于研究区中部,河流呈南北向展布,砂体厚度 28~38m; 横向砂坝(TB)见于研究区中部南端,面积较小,砂体厚度 36~40m; 纵向砂坝(LB)沿河道两侧分布于研究区东北部和西部,砂体厚度 36~51m。

6 结论

(1) 通过取心井岩心观察、连井剖面划分对比和测井曲线识别,采用层次分析的思路定义了 7 级界面。6~7 级界面规模较小,只能通过岩心观察进行描述定义; 3~5 级界面规模较大,可以进行井间追踪对比。其中 4 级界面结构要素的顶底界面是在小层级别范围内进行结构要素识别划分的重要界面。

(2) 研究区目的层岩相可细分为 12 种类型,其中有 3 种砾岩相、5 种砂岩相、4 种粉砂和泥岩相。

(3) 在岩相类型识别和结构界面划分的基础上,定义了辫状河流沉积的 7 种结构要素: 河道充填(CH)、河道滞留沉积(CHL)、纵向砂坝(LB)、横向砂坝(TB)、落淤层(FS)、越岸细粒沉积(OF)和洪泛平原细粒(FF)。

(4) 建立了三叠系下油组砂体建筑结构平面组合模式: 其以河道充填(CH)、纵向砂坝(LB)、横向砂坝(TB)为主。

参考文献:

- [1] MIAL L A D. Architectural elements analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits [J]. *Earth Science Reviews*, 1985, 22: 261-308.
- [2] 李阳, 李双应, 岳书仓, 等. 胜利油田孤岛油区馆陶组上段沉积结构单元 [J]. *地质科学* 2002, 37(2): 219-230.
- [3] 李双应, 李忠, 王忠诚, 等. 胜利油田孤岛油田馆陶组上段沉积模式研究 [J]. *沉积学报* 2001, 19(3): 386-393.
- [4] 渠芳, 陈清华, 连承波. 河流相储层构型及其对油水分布的控制 [J]. *中国石油大学学报(自然科学版)* 2008, 32(3): 14-18.
- [5] 冯建伟, 戴俊生, 冀国盛, 等. 河流储层建筑结构要素的定量识别 [J]. *沉积学报* 2007, 25(2): 207-213.
- [6] 黄文科, 戴俊生, 冀之林, 等. 胜利油田储层砂体建筑结构分析 [J]. *西南石油大学学报* 2007, 29(3): 32-35.
- [7] 尹太举, 张昌民, 汤军, 等. 马厂油田储层层次结构分析 [J]. *江汉石油学院学报* 2001, 23(4): 19-21.
- [8] 孙玉生, 司尚举, 刘华. 马厂油田沙三下 2 储层建筑结构特征研究 [J]. *断块油气田* 1999, 6(2): 39-41.
- [9] 尹太举, 张昌民, 樊中海, 等. 地下储层建筑结构预测模型的建立 [J]. *西安石油学院学报(自然科学版)* 2002, 17(3): 7-14.
- [10] 赵翰卿, 付志国, 吕晓光, 等. 大型河流-三角洲沉积储层精细描述方法 [J]. *石油学报* 2000, 21(4): 109-113.
- [11] 赵翰卿. 储层非均质体系、砂体内部建筑结构和流动单元研究思路探讨 [J]. *大庆石油地质与开发* 2002, 21(6): 16-19.
- [12] 刘冬之, 乔彦君, 马刚. 划分砂体内部建筑结构的建模方法 [J]. *大庆石油地质与开发* 2003, 22(1): 1-3.
- [13] 马世忠, 孙雨, 范广娟, 等. 地下曲流河道单砂体内部薄层建筑结构研究方法 [J]. *沉积学报* 2008, 26(4): 632-639.
- [14] 周银邦, 吴胜和, 岳大力, 等. 分流河道砂体构型分析方法在萨北油田的应用 [J]. *西安石油大学学报(自然科学版)* 2008, 23(5): 6-10.
- [15] 张绍臣, 李臣, 贾培宜, 等. 萨南油田南二区曲流型分流河道砂体建筑结构及剩余油挖潜 [J]. *大庆石油学院学报* 2009, 33(4): 27-30.
- [16] 廖光明. 范庄油田阜宁组沉积体系及砂体建筑结构分析 [J]. *西南石油学院学报* 2006, 28(2): 4-7.
- [17] 刘钰铭, 侯加根, 王连敏, 等. 辫状河储层构型分析 [J]. *中国石油大学学报(自然科学版)* 2009, 33(1): 7-11.
- [18] 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气性差异成因 [J]. *古地理学报* 2008, 10(5): 459-464.
- [19] 吴诗勇, 李自安. 精细地质研究现状及发展趋势 [J]. *地球科学与环境学报* 2006, 28(2): 58-64.

Architectural element analysis of the braided delta reservoir sandstones from the Triassic Lower Oil Measures in the Tahe Oil Field , Xinjiang

JIA Kai-fu , DAI Jun-sheng , LIU Hai-lei , WANG Ke

(*College of Geo-resources and Information , China University of Petroleum , Qingdao 266555 , China*)

Abstract: The architectural element analysis is applied to the reservoir architectures of the Triassic Lower Oil Measures in the first district of the Tahe Oil Field , Tarim Basin , Xinjiang. Twelve types of lithofacies are distinguished in terms of core examination. Seven orders of bounding surfaces are divided in the light of cores , well-tie section and well logs. Seven types of architectural elements are recognized , including channel lag deposits (CHL) , channel filling (CH) , longitudinal sandbar (LB) , transverse sandbar (TB) , fall-silt seam (FS) , overbank fines (OF) and flood plain fines (FF) . The planar model of the reservoir sandstones exhibits channel filling- and sandbar-dominated architectural elements.

Key words: architectural element analysis; lithofacies; bounding surface; architectural element; model