

惠民凹陷大芦家地区馆陶组三段 沉积微相类型及空间展布

国景星, 郭卫萍, 刘斌楠, 曹 铮

(中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580)

摘要:针对惠民凹陷大芦家地区各断块地层单元划分不一致, 沉积相认识存在分歧等问题, 依据旋回级次、旋回性质等, 将馆陶组三段划分出 2 个四级旋回、4 个五级旋回、16 个六级旋回; 并以岩芯及室内分析资料、测井资料等为主要依据, 综合分析岩石类型、粒度及结构特征、垂向粒序变化、层理构造类型及自然电位曲线形态等。结果表明: 惠民凹陷大芦家地区馆陶组三段主要发育冲积扇及辫状河; 冲积扇主要发育辫流砂岛、辫流沟道、辫流带、漫流席状砂、远端砂丘等微相; 辫状河主要发育心滩, 辫状河道充填, 天然堤、漫滩和道间洼地沉积, 泛滥平原沉积, 废弃河道等微相; 2 个四级旋回的沉积相类型及空间展布特征相似; 第 I 五级旋回在研究区中偏西部属冲积扇沉积, 主要发育辫流砂岛、辫流沟道、辫流带微相, 在东部属扇前平原沉积; 第 II 五级旋回早期以辫状河沉积为主, 河道规模较大, 仅在第 II₁ 六级旋回的东北部位见冲积扇的辫流砂岛及辫流沟道微相; 第 II 五级旋回中期属辫状河沉积, 河道规模减小, 2 个河道群自 NW 向 SE 方向流动; 第 II 五级旋回晚期河道规模更小, 逐渐向曲流河沉积过渡。

关键词:沉积微相; 冲积扇; 辫状河; 旋回; 粒度概率累积曲线; 自然电位; 馆陶组; 惠民凹陷

中图分类号: P618.13; TE121.3 **文献标志码:** A

Sedimentary Microfacies Types and Space Distribution of the Third Member of Guantao Formation in Dalujia Area of Huimin Sag

GUO Jing-xing, GUO Wei-ping, LIU Bin-nan, CAO Zheng

(School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao 266580, Shandong, China)

Abstract: On the issues of the inconsistent of stratigraphic division of blocks in the third member of Guantao Formation in Dalujia area of Huimin sag and the differences of understanding on sedimentary facies, according to the order and characteristics of cycle, the third member of Guantao Formation was divided into two forth-order cycles, five fifth-order cycles and sixteen sixth-order cycles; according to the core data, laboratory analysis, log information, etc., rock type, particle size and textural characteristics, change of vertical particle size, type of bedding structure and shape of spontaneous potential curve were comprehensively analyzed. The results show that alluvial fan and braided river develop in the third member of Guantao Formation in Dalujia area of Huimin sag; for alluvial fan, the main microfacies types include braided stream sand island, braided stream channel, braided stream belt, overland flow sheet sand, distal sand dune, and so on; for braided river, the main microfacies include river island, braided channel filling, floodplain sedimentary, abandoned channel, and the sedimentary of natural levee, flood

plain and interchannel mud, and so on; the sedimentary facies types and space distribution of two forth-order cycles are similar; the fifth-order cycle I in the middle-westward of the study area belongs to alluvial fan sedimentary, the microfacies including braided stream sand island, braided stream channel and braided stream belt develop, and the fifth-order cycle I in the eastern part belongs to fan front plain sedimentary; in the early of the fifth-order cycle II, braided river sedimentary mainly develops, river channel is large, and the microfacies including braided stream sand island and braided stream channel develop only in the northeastern part of the sixth-order cycle II₁; in the middle of the fifth-order cycle II, braided river develops, and river channel decreases, two river channel groups flow from NW to SE; in the late of the fifth-order cycle II, river channel decreases further, and gradually transforms into meandering river sedimentary.

Key words: sedimentary microfacies; alluvial fan; braided river; cycle; cumulative probability curve of particle size; spontaneous potential; Guantao Formation; Huimin sag

0 引言

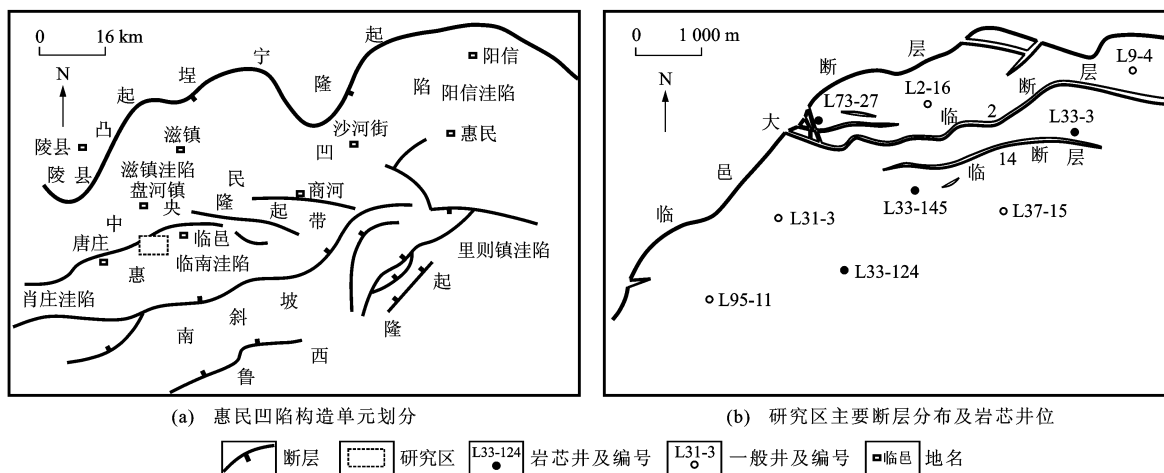
惠民凹陷大芦家地区馆陶组三段(简称“馆三段”)的沉积相类型存在一定的分歧。狄明信等通过对济阳拗陷或惠民凹陷的研究认为,馆陶组沉积早期以辫状河沉积为主,在拗陷或凹陷边缘陡坡局部发育冲积扇沉积,向上逐渐过渡为曲流河或网状河^[1-5];黄超等则认为惠民凹陷馆三段发育浅水辫状河三角洲沉积^[6]。以往纵向研究单元较大,很难具体呈现各小层及单砂层沉积微相平面分布特征。2002年12月以来,研究区进入特高含水、高采出程度、高剩余可采储量的“三高”开发阶段,各油层横向分布及剩余油分布规律认识不清,挖潜方向不明。针对以上问题,本文对研究区内4口井约76m岩芯及粒度测定(激光法)资料进行了深入分析,利用区内390余口测井、钻井信息进行单砂层精细划分和对比,建立了研究区馆三段精细地层格架;在此基础

上,综合岩芯、测井响应,深入分析各亚相、微相类型及平面分布,为剩余油分析及开发方案调整等提供可靠的地质基础。

1 研究区地质概况

大芦家地区位于山东省临邑县北部,构造上位于中央隆起带临邑大断层下降盘,属于典型的、与临邑大断层伴生的、被断层复杂化了的逆牵引背斜构造^[7-8]。其北部以临南大断层为界,南部为临南洼陷,面积约26km²。自北向南,区内还发育2条大的断层(L2断层和L14断层),属临邑大断层的派生断层。除此之外,研究区还发育多条小断层(图1)。

研究区馆陶组自下而上可分为馆三段、馆二段、馆一段3个亚段,底界面为角度不整合。馆三段为含砾砂岩,细砂岩,粉砂岩与灰、灰绿、棕红色泥岩呈不等厚的互层,厚度140~160m。L73-27、L33-3、L33-124、L33-145等4口取芯井具体位置见图1。



(a) 惠民凹陷构造单元划分 (b) 研究区主要断层分布及岩芯井位

断层 研究区 L33-124 岩芯井及编号 L31-3 一般井及编号 临邑 地名

图 1 研究区位置及主要断层分布

Fig. 1 Location of the Study Area and Distribution of the Main Faults

2 精细地层格架的建立

综合考虑相同沉积背景下沉积旋回级次、旋回性质的一致性,以及岩性的相似性、厚度的相对稳定性等,对研究区馆三段进行了四级、五级、六级旋回划分与对比。

2.1 四级和五级旋回划分

馆三段为一套相对整体的、成因上相关联的,并在纵向上表现出由粗变细且具有特定堆砌样式特征的地层序列(相当于一个准层序组)。根据岩性在纵向上自下而上由粗变细,自然电位曲线幅度逐渐降低的特征,以及隔层厚度和稳定性,可划分出2个四级旋回(图2)。

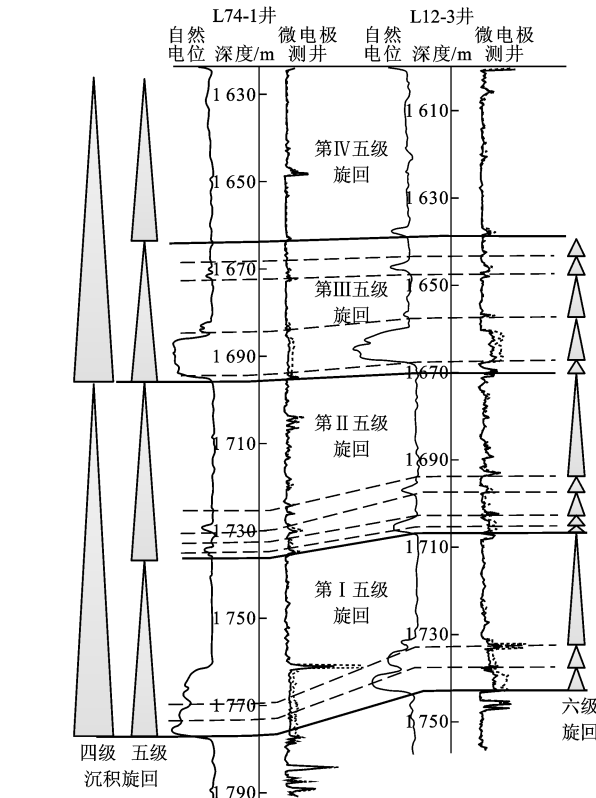
四级旋回是同一岩性段内几种不同类型的小层或者五级旋回组成的旋回性沉积,与砂层组大体相当,上、下泥岩隔层分布比较稳定。在这2个四级旋回内部,根据岩性、电性纵向变化以及泥岩隔层的稳定分布等特点,可进一步划分出4个五级旋回(图2)。

2.2 六级旋回划分

六级旋回是包含一个单油层在内的不同粒度序列岩石的一个组合,在该组合中单油层粒度最粗。单层与单层之间由泥质岩类或各种沉积间歇面隔开,分隔面积应大于上、下相邻两个单层连通的面积。依据以上原则或特点,可以将馆三段4个五级旋回划分出16个六级旋回,其中I至IV旋回分别发育3、5、5、3个六级旋回(图2、3)。

3 沉积微相类型及特征

馆三段沉积时期,受惠民凹陷北部断层影响,断层下降盘一侧发育了一系列大小不等的冲积扇,砂体呈



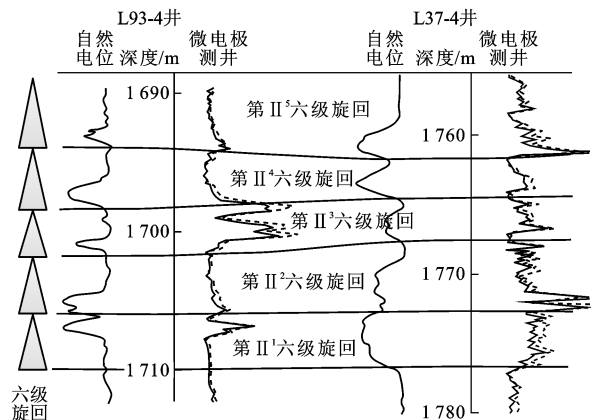
沉积旋回正三角形表示基准面上升;微电极测井曲线中,虚线为微电位,实线为微梯度

图2 馆三段四、五级旋回划分与对比

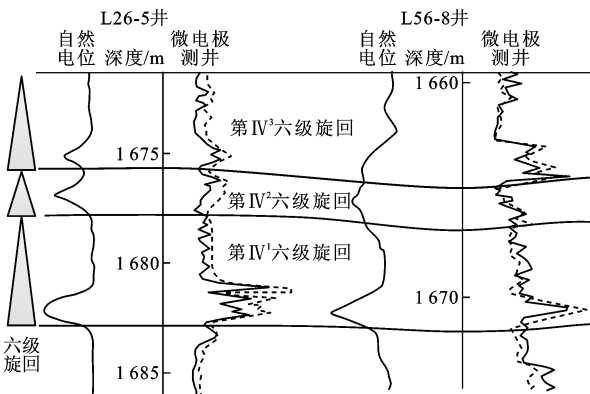
Fig. 2 Subdivision and Correlation of the Forth-order and Fifth-order Cycles in the Third Member of Guantao Formation

由 NNW 向 SSE 推进,在扇体前端汇聚成辫状河^[9-11]。

基于研究区 L73-27、L33-3、L33-124、L33-145 等 4 口取芯井岩芯观察、室内分析以及测井曲线等资料,研究区馆三段主要发育冲积扇及辫状河,沉积微相类型见表 1。



(a) 第II级五级旋回



(b) 第IV级五级旋回

沉积旋回正三角形表示基准面上升;微电极测井曲线中,虚线为微电位,实线为微梯度

图3 馆三段六级旋回划分与对比

Fig. 3 Subdivision and Correlation of the Sixth-order Cycle in the Third Member of Guantao Formation

表 1 馆三段沉积微相类型
Tab. 1 Sedimentary Microfacies Types of the Third Member of Guantao Formation

相	亚相	微相
冲积扇	扇中	辫流沟道、辫流砂岛、辫流带(漫滩、道间洼地)
	扇缘	远端砂丘、漫流席状砂
辫状河	河道亚相	心滩、辫状河道充填
	道间亚相	漫滩、道间洼地、泛滥平原沉积、废弃河道

3.1 冲积扇

在研究区的中偏西部,靠近临邑大断层附近,单砂层厚度大,一般介于 4~9 m,且向 SE 方向快速减薄;砂体(特别是厚度大于 6 m 的砂体)在平面上主要呈扇形(图 4),单个扇体面积变化较大,介于 0.25~5.0 km²;岩石类型有不等粒砂岩(主要为砂砾岩和含砾砂岩)、粗砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩及泥岩;在含砾砂岩中见板状交错层理[图 5(b)],在颗粒相对偏细的粉砂岩、泥质粉砂岩中见平行层理及爬升层理[图 5(c)、(d)];粒度标准偏差一般介于 0.88~1.48 Φ 之间^[12],分选性大都较差,个别样品属中等分选;粒度概率累积曲线主要表现为两段式,即跳跃总体和悬浮总体,跳跃总体含量(质量分数,下同)为 80%~90%,常包含 2 个次总体,部分样品呈渐变的上凸弧形(图 6)或多段式。其中,悬浮总体含量为 10%~20%,跳跃总体与悬浮总体的截点一般在 2.0~3.5 Φ 之间。造成这种低斜率、跳跃-过渡-悬浮渐变曲线特征的主要原因是季节洪流沉积的约束,反映动荡性较强的流动特征^[13]。由薄片镜下观察可知,碎屑颗粒中石英体积

分数为 25%~45%,长石为 28%~34%,岩屑多介于 30%~48%,属长石岩屑砂岩或岩屑长石砂岩,成分成熟度较低;岩性在纵向表现为下粗上细的正韵律及“二元结构”[图 7(a)、(b)];泥岩颜色多变,有浅灰色、灰绿色、紫红色及杂色,反映沉积环境或为浅水的弱氧化-弱还原环境,或氧化环境。以上特征反映碎屑颗粒搬运距离较短,物源区较近,沉积速率快,属于冲积扇沉积(与浅水三角洲前缘亚相应具备的明显进积特点相左)^[14-17]。冲积扇沉积内部微相主要包括辫流砂岛、辫流沟道、辫流带、漫流席状砂、远端砂丘等微相。

3.1.1 辫流砂岛微相

辫流砂岛微相是在冲积扇的扇中亚相,厚度大、以垂向加积为主的不规则砂砾岩体透镜体。辫流砂岛微相是由多次沉积事件携带的粗碎屑物沉积叠加而成,底界面多为岩性突变面,常见明显冲刷及泥砾;岩性总体相对较粗且变化大^[18],主要以砾状砂岩、含砾砂岩、粗砂岩、中-细砂岩为主;垂向上表现为多层“饼状体”叠置,由几个垂积体叠置而成,由于洪水淤积作用,垂积体之间可具有极不稳定的薄泥质夹层;砂(砾)岩体厚度较大,单砂层厚度一般大于等于 5 m,以均质韵律为主,块状层理。自然电位曲线^[19]以中-高幅度箱形、微齿化箱形、箱状-钟形叠加为主[图 7(a)、(c),图 8(a)]。

3.1.2 辫流沟道微相

辫流沟道微相又称辫流线微相,水动力较强,为沉积物供给的主要渠道,物源供应相对充足。该微相通常由一期或多期河道砂体叠加而成;岩性与辫

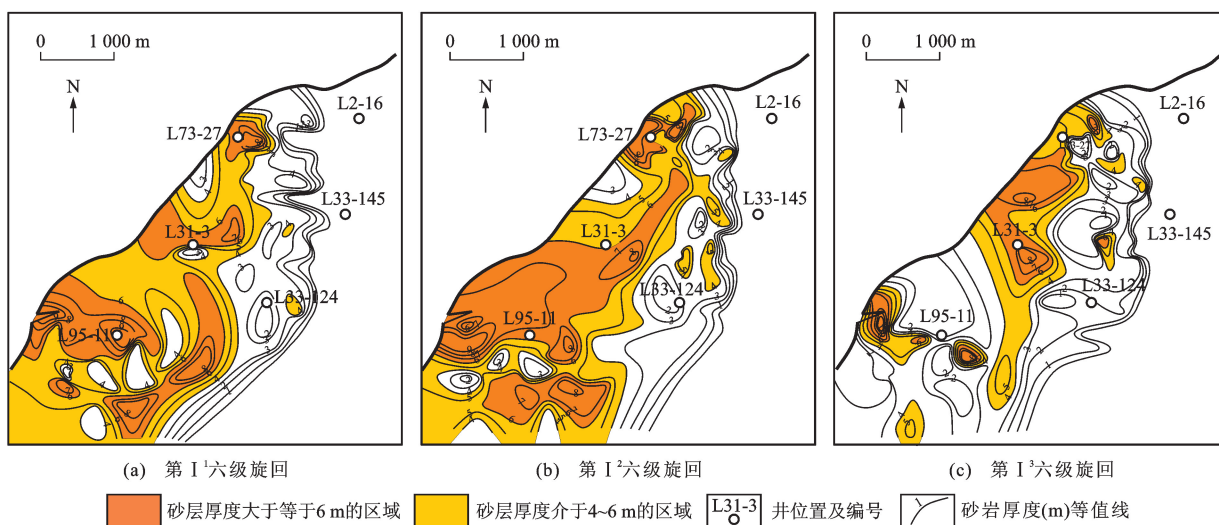


图 4 馆三段第 I 五级旋回中六级旋回砂岩体分布

Fig. 4 Distributions of Sandstone Body of the Sixth-order Cycle for the Fifth-order Cycle I in the Third Member of Guantao Formation

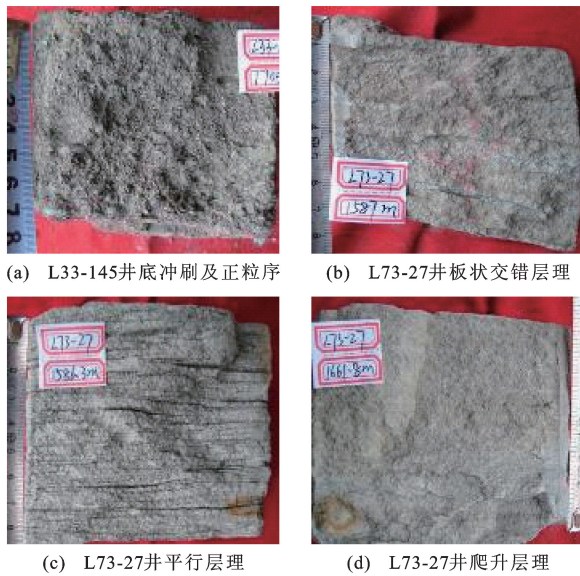


图5 馆三段沉积构造特征

Fig. 5 Tectonic Characteristics of Sedimentary in the Third Member of Guantao Formation

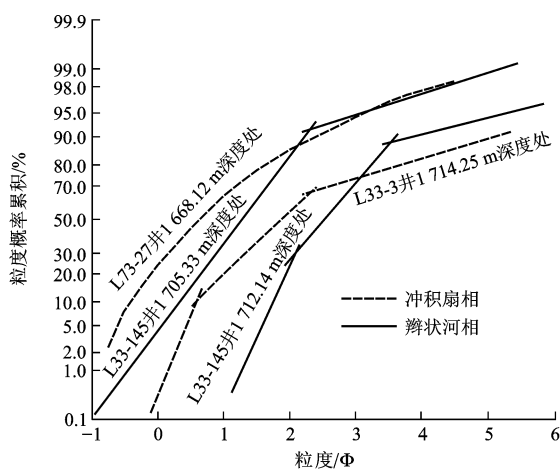


图6 馆三段粒度概率累积曲线

Fig. 6 Cumulative Probability Curves of Particle Size in the Third Member of Guantao Formation

流砂岛微相相似,但是砂(砾)岩体平面上呈不规则带状,且砂(砾)岩厚度较辫流砂岛微相偏小,一般介于2.0~5.0 m;层理构造以斜层理为主,也可见平行层理、块状层理[图7(a)、(b)];自然电位曲线形态呈以齿化—微齿化中等幅度为主的钟形或小的箱形曲线[图7(a)、(b),图8(b)]。

3.1.3 辫流带微相

根据发育部位不同,辫流带微相可分为漫滩沉积和道间洼地沉积。

漫滩沉积是辫流沟道之间相对高部位,只接受洪水期较细粒沉积(类似于辫状河中的漫滩沉积)。岩性以薄层粉砂岩、粉细砂岩及泥质粉砂岩为主,砂

岩厚度一般介于1.0~3.0 m。层理构造比较少见,可见一些薄的微细水平层理、波状层理和变形层理等。自然电位曲线一般呈小的钟形、指形及齿形[图7(b)、图8(c)],幅度中偏低幅。

道间洼地沉积发育在辫流沟道之间及漫滩沉积之外,地势较漫滩部位稍低。洪水期水流由沟道向外溢出,进一步越过漫滩部位,能量进一步降低,此时水流携带的较细粒物质便沉积下来形成道间洼地沉积。岩性以泥岩和泥质粉砂岩为主,砂体厚度较薄,一般小于2.0 m;自然电位曲线多表现为低幅指形或齿形[图7(a)]。

3.1.4 漫流席状砂微相

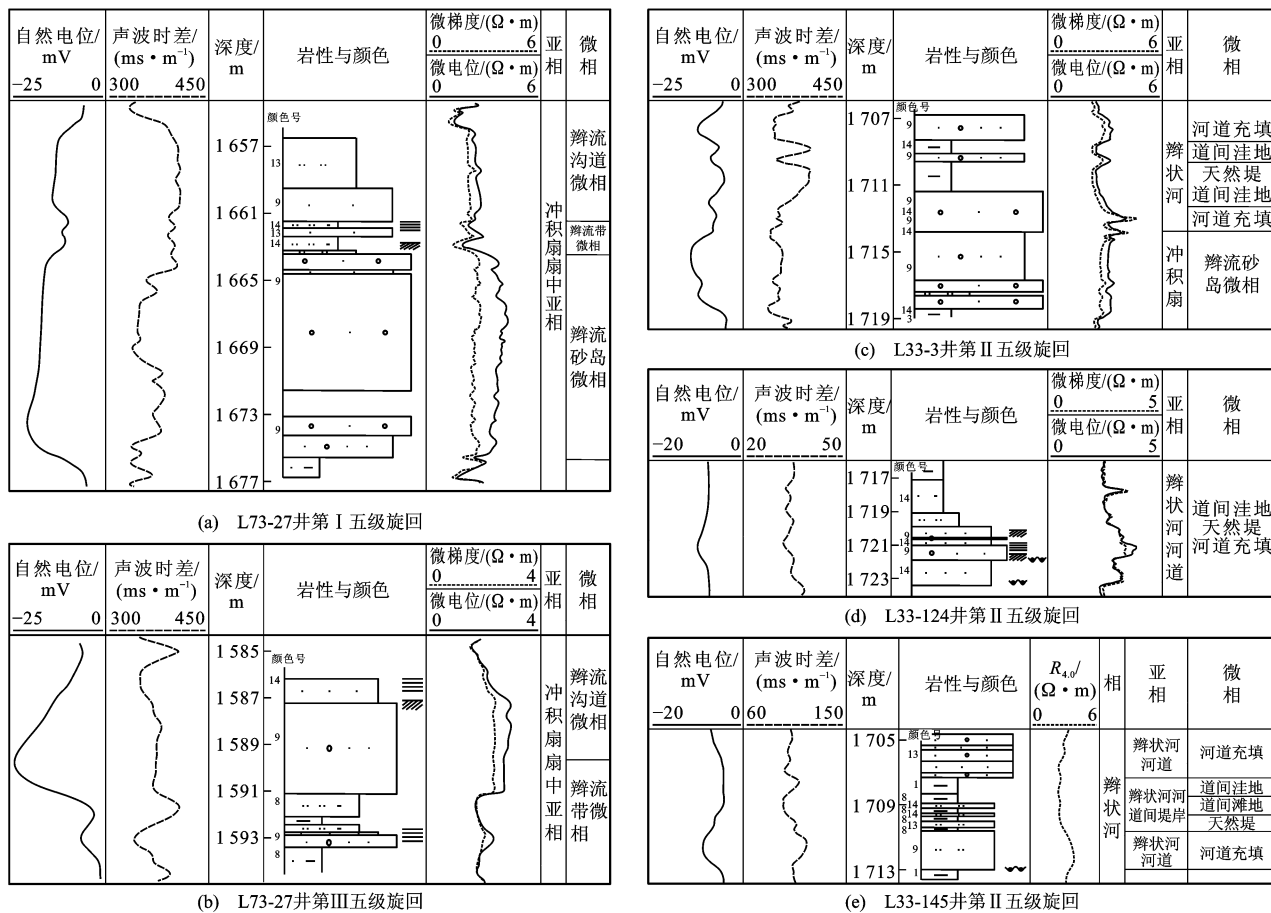
漫流席状砂微相是在洪水快速冲积时,呈片流在冲积扇扇缘或扇前平原上形成的泛滥沉积,呈薄层状;岩性是由粉细砂岩、泥质粉砂岩和粉砂质泥岩组成的不等厚互层,单砂层厚度小于2.0 m,发育有高流态条件下的平行层理,每层漫流席状砂都代表了一次洪水事件;自然电位曲线表现为低幅钟形、指形和齿形[图8(d)]。

3.1.5 远端砂丘微相

远端砂丘微相是在洪水泛滥时期,洪水在向前推进过程中由于能量逐渐衰减,造成沉积物在沟道前方或冲积平原远端堆积形成的坝体或砂丘,厚度为1.0~2.5 m;以粉砂岩为主,细砂岩、泥质粉砂岩次之,分选较好;自然电位曲线多呈齿形或低幅指形[图8(e)]。

3.2 辫状河

砂体在平面上主要呈不规则带状、宽带状、树枝状,多次分叉和合并,单砂层厚度一般介于1.0~6.0 m;岩石类型有不等粒砂岩、粗砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩及泥岩,其中不等粒砂岩、粉细砂岩居多;粒度标准偏差一般介于0.80~1.24 Φ 之间,分选性较差—中等;粒度概率累积曲线图表现为两段式,即跳跃和悬浮2个总体(图6),跳跃总体占优势,含量为83%~90%,有时可分为2个次总体,悬浮总体含量为10%~17%,跳跃总体与悬浮总体的截点在2.0~3.5 Φ 之间;由镜下薄片观察与分析可知,碎屑颗粒中石英体积分数一般大于36%,长石为25%~35%,岩屑多介于26%~32%,属长石岩屑砂岩或岩屑长石砂岩,成分成熟度较低;纵向上,砂岩底部常见底冲刷现象[图5(a)],总体表现为下粗上细的正韵律及“二元结构”[图7(c)、(d)]。总之,相对于冲积扇而言,辫状河砂岩体单层厚度减小,平面分布由扇形转变为树



$R_{4.0}$ 是电极距为4.0 m的底部梯度视电阻率

图 7 馆三段岩性垂向变化及测井响应

Fig. 7 Vertical Changes of Lithology in the Third Member of Guantao Formation and Their Log Responses

枝状、不规则带状,分选性及成分成熟度有所改善,属于搬运距离较短或距离物源较近,河道不固定,迁移迅速的“游荡型河”——辫状河沉积。辫状河沉积内部微相类型主要包括心滩,辫状河道充填,天然堤、漫滩和道间洼地沉积,泛滥平原沉积,废弃河道等微相。

3.2.1 心滩微相

心滩微相也称辫状河道砂坝微相,是辫状河沉积的重要组成部分。砂(砾)岩体厚度较大,一般在3~6 m之间,平面上呈不规则透镜状,断续分布于不规则连续带状或树枝状砂岩分布区内。砂(砾)岩体垂向韵律性不甚明显,但在砂岩顶部可见向上变细的正韵律。自然电位曲线以微齿化箱形、箱形-钟形叠加或宽指形-钟形叠加为主[图 9(a)]。

3.2.2 辫状河道充填微相

砂(砾)岩厚度一般在1~4 m,岩性主要以砂砾岩、含砾砂岩、粗—中细砂岩为主;平面上,砂(砾)岩呈不规则的带状(宽带状或较窄的带状)或树枝状分布。自然电位曲线形态呈中等幅度的微齿化钟形、

箱形及指形叠加[图 7(c)~(e)、图 9(b)]。该微相在第 II 旋回和第 III 旋回上部较为常见。

3.2.3 天然堤、漫滩和道间洼地沉积微相

天然堤是洪水期河水溢出河道,向两侧泛滥堆积而形成的、与河床平行分布的堤状地貌体,是河漫滩上最高的组成部分;在其外侧与之紧密相邻的不规则带状沉积颗粒更细,即漫滩沉积。岩性上,两者均以粉(细)砂岩及泥质粉砂岩为主,砂层厚度更薄,一般在1 m左右[图 7(c)~(e)],平面上总体呈不规则带状,分布范围较小,钻遇井少,因此,把两者笼统称为天然堤。

道间洼地与冲积扇中辫状河道内的道间洼地微相相似,分布于辫状河床内、各游荡型分支河道之间,呈不规则环带状,岩性与天然堤相似,以粉(细)砂岩及泥质粉砂岩为主[图 7(e)]。

道间洼地沉积特征与冲积扇中的道间洼地微相基本相同[图 7(c)~(e)]。

3.2.4 泛滥平原沉积微相

泛滥平原沉积微相是由洪水携带的泥质悬浮物

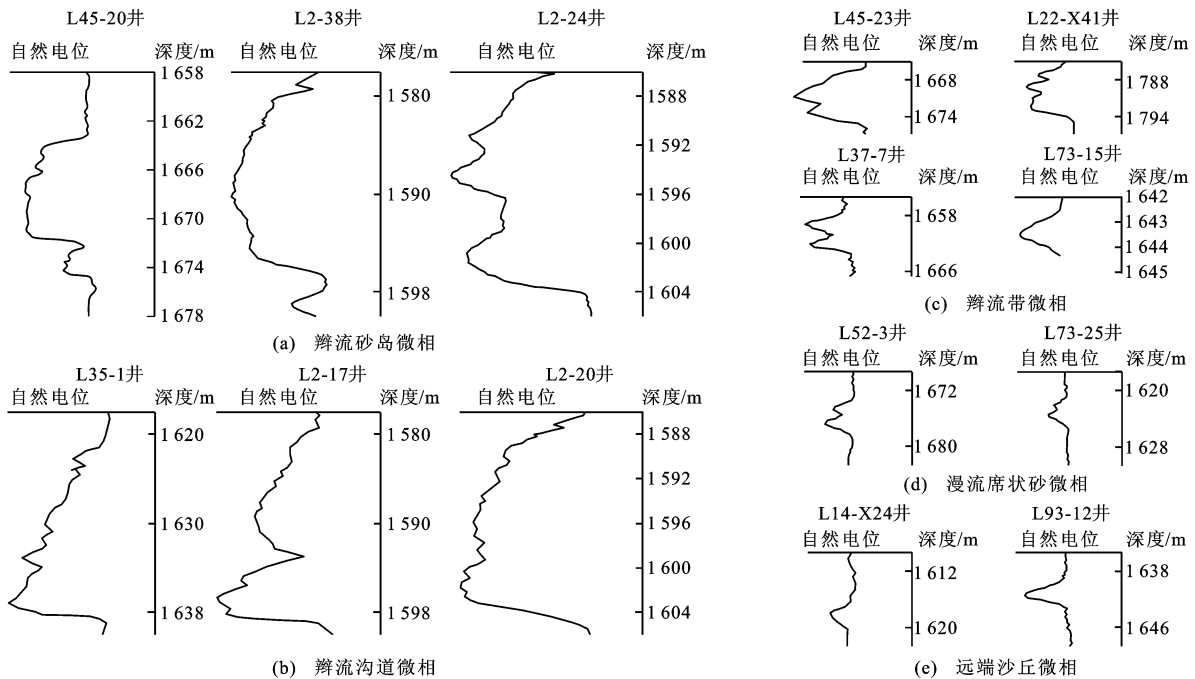


图8 馆三段冲积扇主要微相自然电位曲线

Fig. 8 Spontaneous Potential Curves of Main Microfacies of Alluvial Fan in the Third Member of Guantao Formation

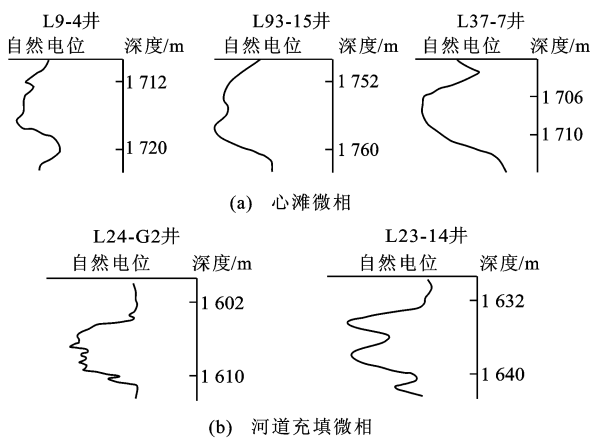


图9 馆三段辫状河主要微相自然电位曲线

Fig. 9 Spontaneous Potential Curves of Main Microfacies of Braided River in the Third Member of Guantao Formation

满溢至河床之外的低洼区沉积而成,厚度一般较薄,呈层状延伸。岩性以灰色、浅灰绿色泥岩、含粉砂质泥岩、粉砂质泥岩为主。该微相发育水平层理和微波状水平层理,自然电位曲线呈平直泥岩基线或微齿形。

3.2.5 废弃河道微相

废弃河道微相是河流的截弯取直作用或河道迁移改道后,废弃的河段经淤塞堆积而成。该微相在沉积特征上与河道充填微相近似,所不同的是废弃河道砂体厚度相对较薄,颗粒较细,空间展布常为泥岩包围,砂体呈孤立的透镜状,平面上常与河道分离呈土豆状、弯曲状或新月状砂体。自然电位曲线与

河道充填微相近似,呈微齿状钟形或指形。在本研究区,废弃河道主要出现在第Ⅱ、Ⅳ旋回。

4 沉积微相平面展布

惠民凹陷大芦家地区馆三段划分为2个四级旋回、4个五级旋回、16个六级旋回。其中,2个四级旋回的沉积相类型及纵向演化特征存在一定相似性,笔者重点对第1个四级旋回中的2个五级旋回的沉积微相平面分布进行描述。

4.1 第Ⅰ五级旋回

第Ⅰ五级旋回自下而上发育Ⅰ¹、Ⅰ²、Ⅰ³等3个六级旋回。

各六级旋回砂体主要分布于研究区的中偏西部,自NNW向SSE方向砂(砾)岩迅速减薄,属冲积扇沉积,且以扇中亚相为主,其中,呈不规则扇形、透镜状分布的厚砂体(厚度超过6m)部位属于辫流砂岛微相,其余砂体相对较薄(砂层厚度一般介于4~6m)的区域以辫流沟道微相为主;向SE方向逐渐过渡为宽度不等的薄砂体沉积,砂层厚度一般小于4m,呈半个不规则环带分布,属于扇缘漫流席状砂微相(图10)。

4.2 第Ⅱ五级旋回

第Ⅱ五级旋回自下而上发育Ⅱ¹、Ⅱ²、Ⅱ³、Ⅱ⁴、Ⅱ⁵等5个六级旋回。

第Ⅱ¹、Ⅱ²六级旋回:砂层厚度一般为1.0~

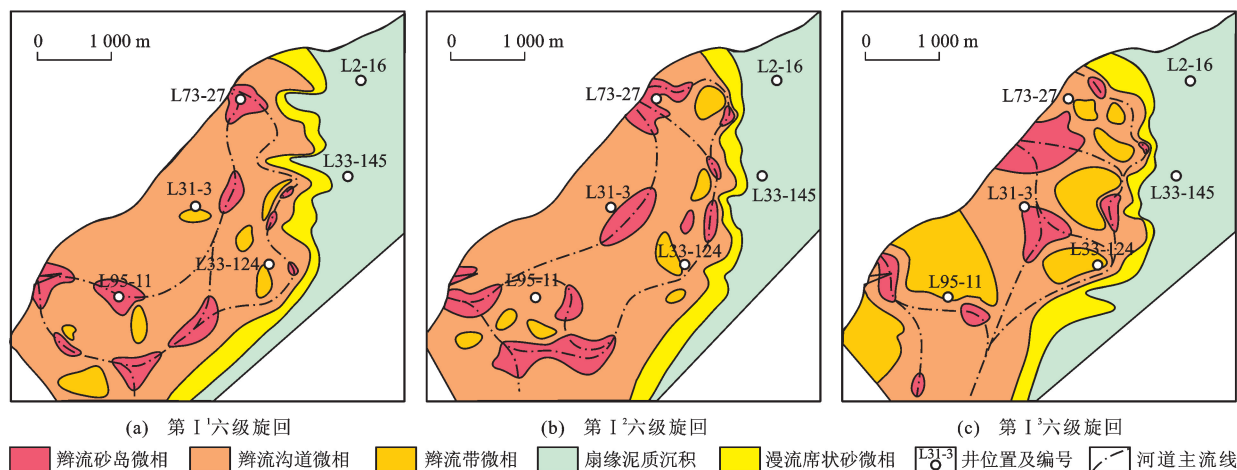


图 10 馆三段第 I 五级旋回中六级旋回沉积微相分布

Fig. 10 Distributions of Sedimentary Microfacies of the Sixth-order Cycle for the Fifth-order Cycle I in the Third Member of Guantao Formation

3.0 m, 东部稍厚, 为 4.0~5.0 m, 总体呈带状, 由 NW 向 SE 延伸。第 II¹、II² 六级旋回的砂体钻遇率分别为 62%、68%。这 2 个砂层沉积期均以辫状河沉积为主, 仅在第 II¹ 六级旋回沉积期的东北部位发育扇中亚相及辫流砂岛微相; 河流从 NW 向流入, 水体游荡性强, 大面积发育辫状河道亚相沉积 [图 11(a)、(b)]。心滩微相多呈大小不等的规则透镜状, 道间滩地微相在西部和中部较为发育, 河漫滩微相则主要发育在河道砂体的边缘, 此外还发育道间洼地微相和泛滥平原沉积微相。

第 II³、II⁴ 六级旋回: 特征相似, 砂岩分布范围相对于第 II¹、II² 六级旋回进一步缩小, 砂层厚度一般为 0.5~2.5 m, 总体呈带状, 由 NW 向 SE 延伸; 砂体钻遇率分别为 37%、43%。相对于第 II¹、II² 六级旋回, 沉积相类型相似, 河道宽度逐渐变窄, 河道及心滩规模均减小, 取而代之的道间洼地沉积、泛滥平原沉积分布范围逐渐增大 [图 11(c)、(d)]。

第 II⁵ 六级旋回: 仅在中部和东北部零星发育砂岩, 且呈窄的条带状由 NW 向 S 或 SE 方向延伸, 砂层厚度为 0.5~2.0 m, 局部较厚部位可超过 3 m, 砂体钻遇率仅为 9%。对于沉积相类型与分布, 河道规模进一步缩小且变窄, 心滩极少发育, 主要为道间洼地沉积、泛滥平原沉积 [图 11(e)], 反映其逐渐向曲流河过渡的特征。

5 结 语

(1) 综合考虑沉积旋回级次、旋回性质的一致性, 岩性的相似性以及泥岩隔层的相对稳定性等, 将馆三段自下而上划分为 2 个四级旋回、4 个五级旋

回、16 个六级旋回。

(2) 惠民凹陷大芦家地区主要发育冲积扇及辫状河沉积, 冲积扇主要发育扇中亚相。第 1 个四级旋回的 2 个五级旋回中, 第 I 五级旋回属于冲积扇沉积, 扇主体(扇中亚相)主要分布于研究区中偏西部, 主要微相类型包括辫流砂岛微相和辫流沟道微相; 第 II 五级旋回沉积期, 早期的第 II¹、II² 六级旋回以辫状河沉积为主, 河道规模较大, 仅在第 II¹ 六级旋回的东北部位见冲积扇的辫流砂岛微相及辫流沟道微相; 中期的第 II³、II⁴ 六级旋回以辫状河沉积为主, 2 个河道群自 NW 向 SE 方向流动, 河道规模减小; 晚期的第 II⁶ 六级旋回, 河道规模更小, 逐渐向曲流河沉积过渡, 流动方向与中期一致。

(3) 由各五级旋回沉积相演化可以看出, 同一旋回沉积相类型可以相同或基本相同, 也可以发生明显变化, 如第 I 五级旋回中的 3 个六级旋回基本上均属于冲积扇的扇中亚相, 而第 II 五级旋回中的 5 个六级旋回随着时间的推移, 沉积相类型发生明显改变, 经历了早期的宽河道辫状河+局部扇中亚相→中期规模缩小的辫状河→晚期向曲流河过渡, 体现了地层细分单元前、后沉积相及微相类型上的不一致, 以及油田开发阶段精细单元划分、沉积微相研究的重要性。

参 考 文 献 :

References :

- [1] 狄明信, 戴启德, 白光勇. 济阳坳陷上第三系馆陶组河流相沉积的粒度特征[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 1996, 20(2): 1-5.
DI Ming-xin, DAI Qi-de, BAI Guang-yong. Granularity of River Sedimentary Facies of the Neogene Guan-

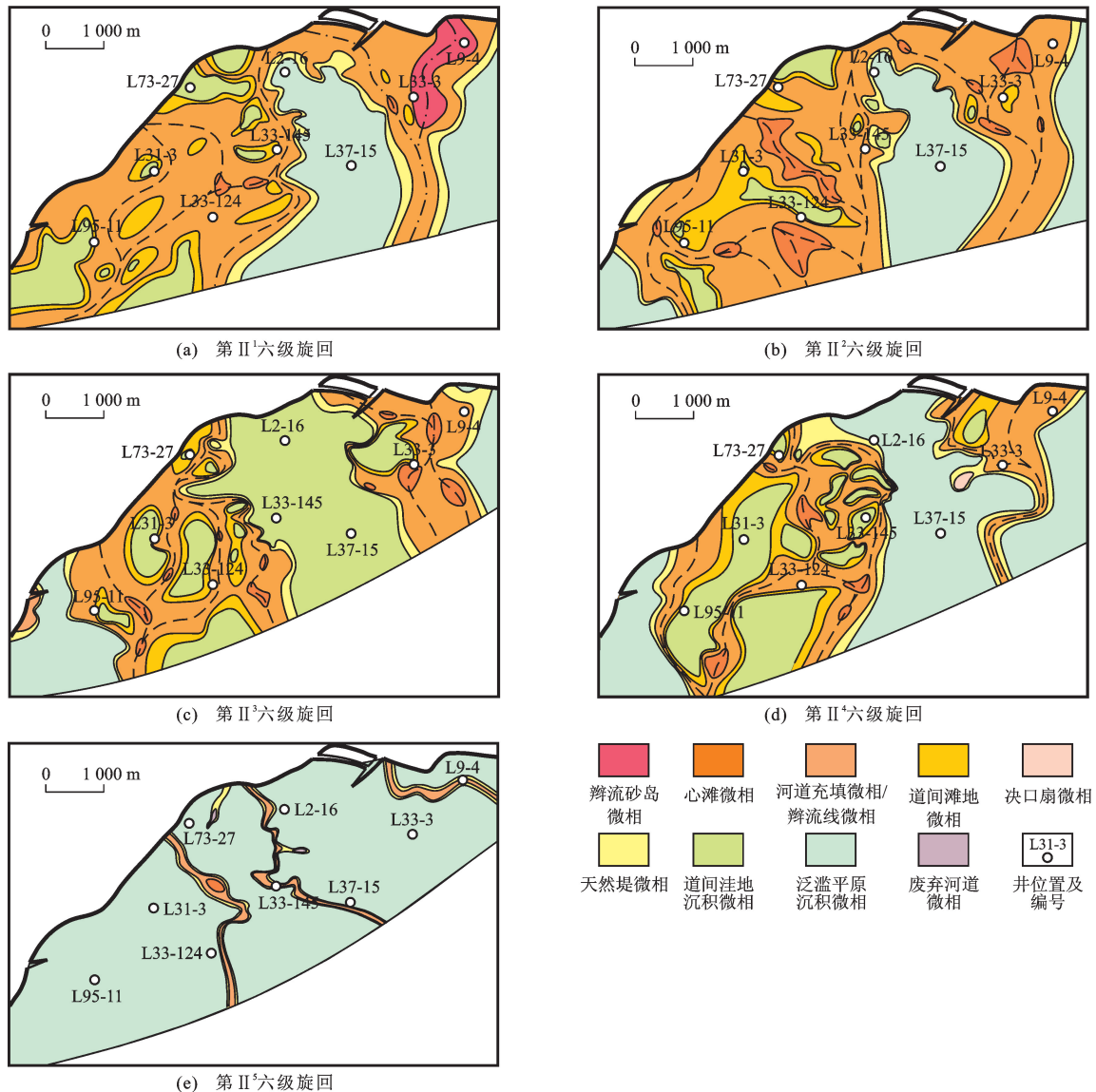


图 11 馆三段第 II 五级旋回中六级旋回沉积微相分布

Fig. 11 Distributions of Sedimentary Microfacies of the Sixth-order Cycle for the Fifth-order Cycle II in the Third Member of Guantao Formation

tao Formation in the Jiyang Depression[J]. Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science, 1996, 20(2): 1-5.

- [2] 刘刚. 沾化凹陷垦西地区新近系馆陶组沉积微相研究[J]. 地球学报, 2011, 32(6): 739-746.

LIU Gang. Sedimentary Microfacies of Guantao Formation in Kenxi Area, Zhanhua Depression[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2011, 32(6): 739-746.

- [3] 乔玉雷, 陈布科, 冯德永. 济阳拗陷新近系河流相储层油气藏综合研究[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2003, 30(5): 491-500.

QIAO Yu-lei, CHEN Bu-ke, FENG De-yong. A Comprehensive Research on the Tertiary Fluvial Facies Reservoir Oil-gas Accumulation in Jiyang Depression[J]. Journal of

Chengdu University of Technology: Science and Technology Edition, 2003, 30(5): 491-500.

- [4] 王永诗, 石砥石. 济阳拗陷新近系地层油藏特征: 以太平油田为例[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(1): 44-46.

WANG Yong-shi, SHI Di-shi. The Characteristics of the Neogene Stratigraphic Oil Reservoir in Jiyang Depression: Taking Taiping Oilfield as an Example[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2006, 13(1): 44-46.

- [5] 刘星, 陆友明, 程守田, 等. 垦西油田馆陶组河流沉积高分辨率层序地层研究[J]. 沉积学报, 2002, 20(1): 101-105, 111.

LIU Xing, LU You-ming, CHENG Shou-tian, et al. High Resolution Stratigraphy Study on Fluvial Deposit of

- Guantao Formation in Kenxi Oil Field[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(1): 101-105, 111.
- [6] 黄超, 陈清华, 刘磊. 济阳拗陷西部馆陶组浅水辫状河三角洲沉积[J]. *油气地质与采收率*, 2008, 15(3): 26-28.
HUANG Chao, CHEN Qing-hua, LIU Lei. Shallow Braided River Delta Deposited in Guantao Formation of Western Jiyang Depression[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2008, 15(3): 26-28.
- [7] 范立勇, 夏斌, 陈永红, 等. 惠民凹陷大芦家断块东营组油气成藏控制因素研究[J]. *天然气地球科学*, 2007, 18(3): 403-407.
FAN Li-yong, XIA Bin, CHEN Yong-hong, et al. Control Factors of Dongying Formation in Dalujia Area, Huimin Sag[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2007, 18(3): 403-407.
- [8] 国庆鹏, 金振奎, 曹志军, 等. 济阳拗陷大芦家区块薄储集层预测研究[J]. *石油勘探与开发*, 2005, 32(5): 82-85.
GUO Qing-peng, JIN Zhen-kui, CAO Zhi-jun, et al. Thin Reservoir Prediction of the Dalujia Block, Jiyang Depression[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2005, 32(5): 82-85.
- [9] 国景星, 戴启德, 吴丽艳, 等. 冲积-河流相层序地层学研究[J]. *石油大学学报: 自然科学版*, 2003, 27(4): 15-19.
GUO Jing-xing, DAI Qi-de, WU Li-yan, et al. Study on Alluvial-fluvial Facies Sequence Stratigraphy[J]. *Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science*, 2003, 27(4): 15-19.
- [10] 国景星, 王永诗. 济阳拗陷新近系层序地层及沉积体系[J]. *油气地质与采收率*, 2006, 13(6): 9-12.
GUO Jing-xing, WANG Yong-shi. Sequence Stratigraphy and Sedimentary System of Neogene Strata in Jiyang Depression[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2006, 13(6): 9-12.
- [11] 国景星, 李凤群, 国强. 高分辨率层序构型及对储层构型的控制[J]. *成都理工大学学报: 自然科学版*, 2014, 41(2): 129-135.
GUO Jing-xing, LI Feng-qun, GUO Qiang. High-resolution Sequence Architecture and Its Control over Reservoir Architecture[J]. *Journal of Chengdu University of Technology: Science and Technology Edition*, 2014, 41(2): 129-135.
- [12] 姜在兴. *沉积学*[M]. 2 版. 北京: 石油工业出版社, 2010.
JIANG Zai-xing. *Sedimentology*[M]. 2nd ed. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010.
- [13] 袁静, 杜玉民, 李云南. 惠民凹陷古近系碎屑岩主要沉积环境粒度概率累积曲线特征[J]. *石油勘探与开发*, 2003, 30(3): 103-106.
YUAN Jing, DU Yu-min, LI Yun-nan. Probability Cumulative Grain Size Curves in Terrigenous Depositional Environments of the Paleogene in Huimin Sag[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2003, 30(3): 103-106.
- [14] 朱伟林, 李建平, 周心怀, 等. 渤海新近系浅水三角洲沉积体系与大型油气田勘探[J]. *沉积学报*, 2008, 26(4): 575-582.
ZHU Wei-lin, LI Jian-ping, ZHOU Xin-huai, et al. Neogene Shallow Water Deltaic System and Large Hydrocarbon Accumulations in Bohai Bay, China[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2008, 26(4): 575-582.
- [15] 韩永林, 王成玉, 王海红, 等. 姬塬地区长 8 油层组浅水三角洲沉积特征[J]. *沉积学报*, 2009, 27(6): 1057-1064.
HAN Yong-lin, WANG Cheng-yu, WANG Hai-hong, et al. Sedimentary Characteristics of Shallow-water Deltas in Chang-8 Subsection of Yanchang Formation, Jiyuan Area[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(6): 1057-1064.
- [16] 代黎明, 李建平, 周心怀, 等. 渤海海域新近系浅水三角洲沉积体系分析[J]. *岩性油气藏*, 2007, 19(4): 75-81.
DAI Li-ming, LI Jian-ping, ZHOU Xin-huai, et al. Depositional System of the Neogene Shallow Water Delta in Bohai Sea Area[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2007, 19(4): 75-81.
- [17] 李东海, 姜在兴, 李继山. 济阳拗陷东部新近系馆陶组下段辫状河三角洲沉积研究[J]. *石油大学学报: 自然科学版*, 2003, 27(3): 10-13.
LI Dong-hai, JIANG Zai-xing, LI Ji-shan. Braided River Delta Sedimentary Facies of Lower Guantao Formation of the Neogene in Eastern Jiyang Depression[J]. *Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science*, 2003, 27(3): 10-13.
- [18] 冯增昭. *中国沉积学*[M]. 2 版. 北京: 石油工业出版社, 2013.
FENG Zeng-zhao. *Sedimentology in China*[M]. 2nd ed. Beijing: Petroleum Industry Press, 2013.
- [19] 马正. 应用自然电位测井曲线解释沉积环境[J]. *石油与天然气地质*, 1982, 3(1): 25-40.
MA Zheng. Utilization of the Combination of Log Shapes for Explanation of the Sedimentary Environment[J]. *Oil and Gas Geology*, 1982, 3(1): 25-40.