

松辽盆地南部东南隆起区白垩系 泉头组典型河流相沉积特征

李占东¹,王殿举^{2,3},张海翔¹,殷跃磊³,赵凤全³,徐磊³,程鹏³,刘岩³

(1. 东北石油大学 石油工程学院,黑龙江 大庆 163318; 2. 北京大学 石油与天然气研究中心,北京 100871;

3. 东北石油大学 地球科学学院,黑龙江 大庆 163318)

摘要:根据岩心、电测曲线、录井、分析化验和地震等资料,分析了松辽盆地南部东南隆起区白垩系泉头组储层特征、沉积相类型以及沉积体系的空间配置。东南隆起区泉头组岩性以氧化较强的紫红色砂岩和粉砂岩沉积为主,储层成分主要由石英、长石、岩屑及微量造岩矿物组成,属低孔、低渗型致密储层。结合重矿物组合和砂岩百分含量分析法确定了盆地主要受梨树-桑树台、长春-农安和榆树-扶余三大水系控制,自东向西,沿着沉积盆地边缘至凹陷区方向,砂岩百分含量逐渐变小。泉头组沉积整体上表现为沉降速率快、粗粒沉积物快速充填的特点,具有陡坡成扇、缓坡成河的沉积特征。层序V-q1主要发育辫状河沉积和冲积扇沉积,层序V-q2和层序V-q3为从辫状河沉积过渡为曲流河沉积的过程,主要发育了冲积扇、辫状河和曲流河沉积体系,层序V-q4辫状河到曲流河的过渡结束,完全表现出曲流河沉积特征,长春-农安与榆树-扶余两个水系在此时期于长春岭背斜带汇聚,形成了泉头组末期的河流沉积。

关键词:曲流河;辫状河;泉头组;白垩系;东南隆起区

中图分类号:TE121.3

文献标识码:A

Sedimentary characteristics of typical fluvial facies in the Cretaceous Quantou Formation in southeast uplift of southern Songliao Basin

Li Zhandong¹, Wang Dianju^{2,3}, Zhang Haixiang¹, Yin Yuelei³, Zhao Fengquan³, Xu Lei³, Cheng Peng³, Liu Yan³

(1. College of Petroleum Engineering Institute, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China; 2. Institute of Oil and Gas, Peking University, Beijing 100871, China; 3. College of Earth Sciences Institute, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China)

Abstract: Data of core analyses, logging curves, laboratory tests and seismic profiles, were employed in the analyses of the Cretaceous Quantou Formation in southeast uplift of southern Songliao Basin to understand its reservoir characteristics, sedimentary facies types and configuration of sedimentary system. The results show that the formation is dominated by oxidized purple sandstone and pink siltstone. Reservoirs are tight with rather low porosity and permeability and contain mainly quartz, feldspar, debris and trace minerals. Heavy Mineral Assemblage Analysis Method and Sand Content Analysis were used to reveal the controlling factors of the basin. It shows that three major fluvial branches, namely Lishu-Sangshutai, Changchun-Nongan and Yushu-Fuyu, controlled the basin. Sand content decreases gradually from east to west along the edge of the basin to another depression. The formation features in rapid sedimentation of coarse grains which formed fans in steep slopes and rivers in gentle slopes. Stratigraphically speaking, the basin contains sequence V-q1 which mainly developed braided river deposits and alluvial fan deposits; Sequence V-q2 and V-q3 which mainly developed alluvial fan, braided river, meandering river depositional system, during its transition from braided river to meandering river, and sequence V-q4 which developed the meandering river deposits and completed the process of turning from braided river to meandering river. Meanwhile, Changchun and Yushu branches converged in Changchun Ridge anticline belt and formed fluvial deposits during the late stage of the formation.

Key words: meandering river, braided river, Quantou Formation, Cretaceous, southeast uplift

收稿日期:2014-12-15;修订日期:2015-05-05。

第一作者简介:李占东(1979—),男,副教授、博士后,油藏描述及油田开发。E-mail:conquereast@163.com。

通讯作者简介:王殿举(1989—),男,博士生。油田构造及石油地质。E-mail:38955671@qq.com。

基金项目:教育部重点实验室开发性课题(NEPU-EOR-2014-010);东北石油大学校培基金“基于物模下的曲流河点坝侧积体时空分异机理研究”;东北石油大学研究生创新基金“基于拟海底反射层条件水合物有效开发方式研究”(YJSCX2015-011NEPU)。

东南隆起区作为松辽盆地南部油气资源的主战区,正在加紧开展针对深层天然气的研究、评价及勘探工作。目前深层天然气已有较为深入的研究^[1-7],并且成果斐然。但对中深层泉头组勘探效果并不如预期,也没有达到深层天然气的产能,泉头组沉积特征的研究不够深入是导致这一问题的关键所在。事实上,以往针对深层油气勘探的取心井已经揭示了泉头组含不同级别油井的存在,显示了该区泉头组同样潜力很大,尤其是泉头组河流相是该区重要的油气储集层系类型和主要的含油相带^[8],但关于泉头组河流相类型以及沉积特征鲜有报道。本文结合前人对曲流河及辫状河储层的研究成果,在大量实际资料分析求证的基础上,以沉积规律和测井响应为主,配合岩心观察成果,系统地阐述了东南隆起区泉头组储层特征,旨在为接下来的泉头组油气勘探工作奠定基础。

1 储层特征

1.1 地层特征

泉头组属于松辽盆地中深层层序 V^[9], V-q1 岩性特征为大段中厚层砂岩间夹大段泥岩隔层,砂岩颜色呈灰绿色和灰白色,泥岩呈紫红色(图1),整体岩性特征为下粗上细,电性特征为塔松状高阻,与下伏低阻曲线有明显幅差。分层界限划在测井曲线高值完整正旋回底部,地震剖面显示为上超不整合,反射同相轴振幅强度中一强,可连续追踪。V-q2 岩性特征为泥岩、泥质粉砂岩和纯粉砂岩,岩石颜色紫红色;测井曲线形态呈尖峰状,比下部 V-q1 电阻率低,V-q2 底界测井曲线表现为低电阻率薄层锯齿状。V-q3 上部为显示还原性环境暗棕色和灰绿色的泥岩,中部为连续泥质粉砂岩和中厚层粉砂岩,泥岩隔层连续性差,下部沉积了厚层紫红色泥岩;测井曲线少见锯齿,呈塔松状或钟状,电阻率值居中,与下伏 V-q2 测井曲线形态显示的紧密细高尖峰或微齿状低阻值段有明显差别;层序内部地震剖面特征为强振幅,断续波状。V-q4 顶部常为灰绿色泥岩所覆盖,底部发育大段厚层砂岩,地层分布稳定,测井曲线一般可见三个连续正旋回,电阻率为中高值,分层界限划在最下端正旋回高阻曲线底部。地震剖面反射轴振幅强度中值、连续性差,层内反射同相轴振幅略强,呈波状断续出现。

1.2 储层岩矿特征

东南隆起区泉头组储层砂岩碎屑成分有石英、长石和岩屑三类,符合碎屑岩特征,同时有微量造岩矿物(表1),石英平均含量约为25%,长石含量为25%~

45%,岩屑含量变化范围较大,为17%~50%,总体特征以长石和岩屑为主。颗粒圆度较差,呈次棱角状,碎屑物质与物源区距离较短,可反映储层为陆源快速堆积产物。按碎屑岩定名原则,储层岩石可归纳为两大类:长石质岩屑砂岩和岩屑质长石砂岩。本区碎屑岩中,碎屑颗粒间的填隙物以胶结物为主,含量占岩石总质量的5%~15%,有泥质、硅质和钙质胶结物三类,胶结方式多见接触式和孔隙式。孔隙类型主要为粒间孔、溶孔和微孔。

1.3 储层物性特征

东南隆起区泉头组砂岩储层物性主要受埋深影响明显^[10],储层埋藏深度越浅,孔渗性越好。V-q4 和 V-q3 储集物性最好,V-q2 和 V-q1 次之。在地层埋深1 000 m以上,物性较好,孔隙度分布于10%~30%;在深度2 000 m以内物性开始变差,孔隙度为10%~15%,低于这个深度为致密储层,孔隙度一般小于10%,渗透率小于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。总体上看,东南隆起区泉头组储层物性属低孔、低渗型致密储层^[11]。

2 沉积物源分析

2.1 重矿物组合

从 V-q1 至 V-q4 各个层序重矿物分布来看(图2),垂向上,自下而上重矿物百分含量及组合显示,稳定重矿物如锆石、电气石及石榴石等增加,不稳定重矿物如绿帘石等含量减少;平面上重矿物分布具有一定的分区性和继承性,即梨树-桑树台、长春-农安和榆树-扶余的三大水系,代表了泉头组的三个主物源方向。以 V-q1 层序为例(图3a),梨树-桑树台区域重矿物以绿帘石为特征,不稳定重矿物含量高;长春-德惠区域,主要为石榴石-锆石组合,以稳定重矿物为主;长春岭背斜带的长11井,主要为绿帘石-锆石-石榴石组合,以不稳定重矿物为主。

2.2 砂岩百分含量

V-q1 时期,主要搬运应力以辫状河为主,全区表面积中60%~70%被砂体覆盖。V-q2 时期,辫状河沉积过渡为曲流河沉积,平面砂体覆盖面积仍然很大,砂岩百分含量下降。V-q3 层序沉积时期,砂岩百分含量继续减少,砂岩百分比一般为20%~40%,且平面砂体发育面积收缩,砂体集中在梨树-双辽凹陷、德惠凹陷的东南部以及长春岭背斜带区域。V-q4 时期,砂体呈条带状,平行三大水系流向,砂岩百分含量一般为30%~50%。

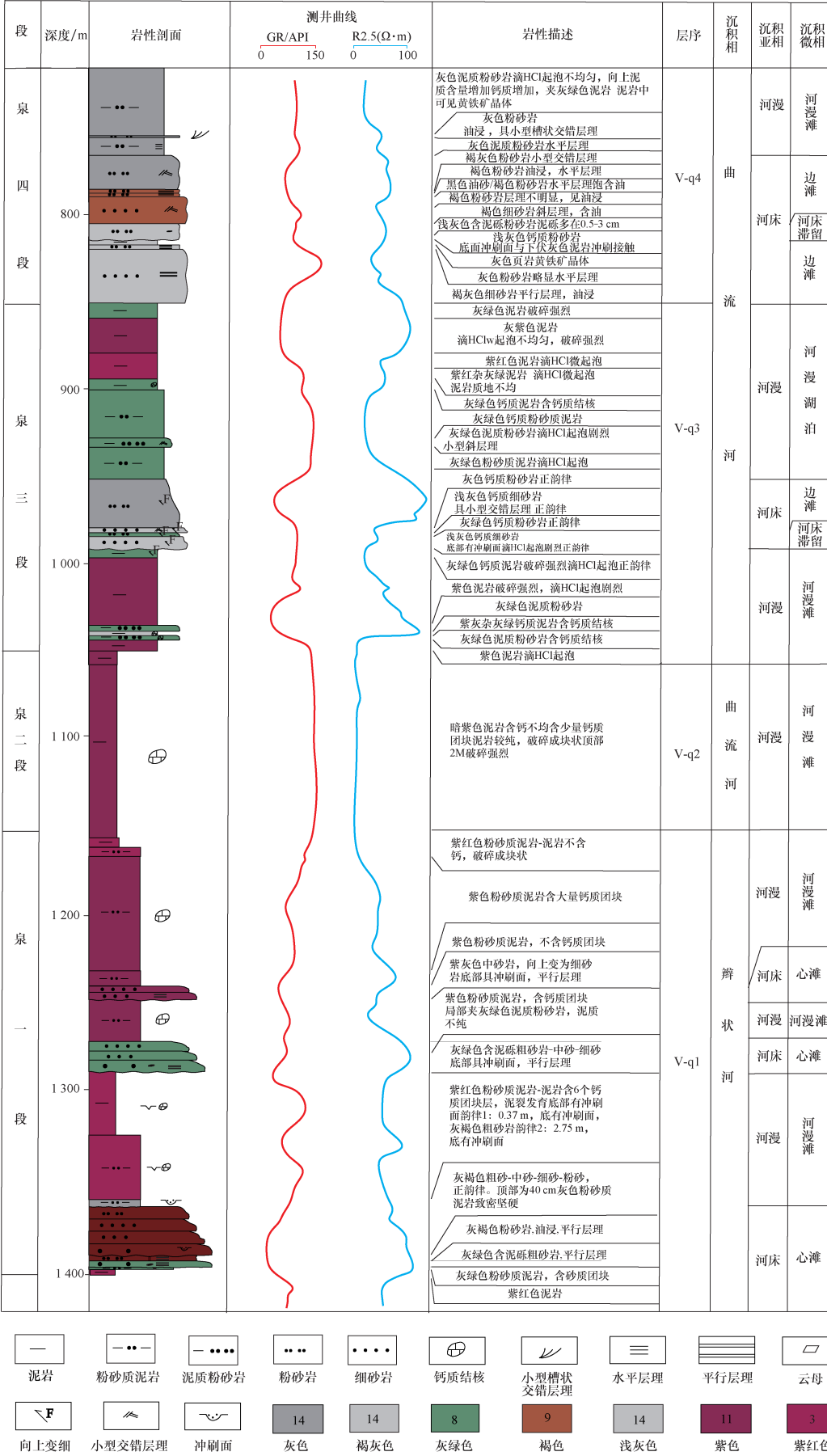


图 1 松辽盆地南部东南隆起区河流相沉积剖面

Fig. 1 Fluvial sedimentary profile in southeastern uplift of southern Songliao Basin

表 1 松辽盆地南部东南隆起区泉头组储层岩矿特征

Table 1 Characteristics of minerals in the Quantou Formation in southeastern uplift of southern Songliao Basin

构造	层段	主要砂岩类型	碎屑含量/%			胶结类型	岩石结构		石英加大级别	孔隙类型
			石英	长石	岩屑		分选	磨圆		
农安	q3	长石质岩屑砂岩	27	31	42	接触、孔隙	好-中	次棱	Ⅲ,Ⅳ	粒间孔、微孔
	q1	长石砂岩	38	45	17	孔隙、接触	好-差	次棱-棱		微孔、溶孔
万金塔	q1	长石质岩屑砂岩	29	28	43	接触-再生	好-中	次棱	Ⅱ	微孔、溶孔
布海	q3	岩屑质长石砂岩	39	34	27	孔隙	好-中	次棱	Ⅱ	粒间孔、微孔
	q1	岩屑质长石砂岩	38	32	30	孔隙、接触	好-中	次棱	Ⅰ,Ⅱ	粒间孔、溶孔、微孔
小合隆	q3	岩屑质长石砂岩	32	36	32	孔隙	好	次棱	Ⅰ	粒间孔、微孔
	q1	岩屑质长石砂岩	35	34	31	孔隙	中-差	次棱	Ⅰ,Ⅱ	溶孔、粒间孔、微孔
梨树	q3	长石质岩屑砂岩	26	32	42	接触、孔隙	中等	次棱	Ⅰ,Ⅱ	粒间孔
	q2	长石质岩屑砂岩	23	29	48	接触、孔隙	好-中	次棱		粒间孔
	q1	岩屑质长石砂岩	34	35	31	接触、孔隙	中等	次棱		粒间孔、微孔
小城子	q2	长石质岩屑砂岩	25	25	50	孔隙、接触	好	次棱	Ⅰ,Ⅱ	粒间孔、微孔
	q1	岩屑质长石砂岩	30	36	34	再生-孔隙	好	次棱		粒间孔、微孔
榆树	q1	岩屑质长石砂岩	24	43	33	孔隙-接触	中等	次棱	Ⅰ,Ⅱ	粒间孔、微孔

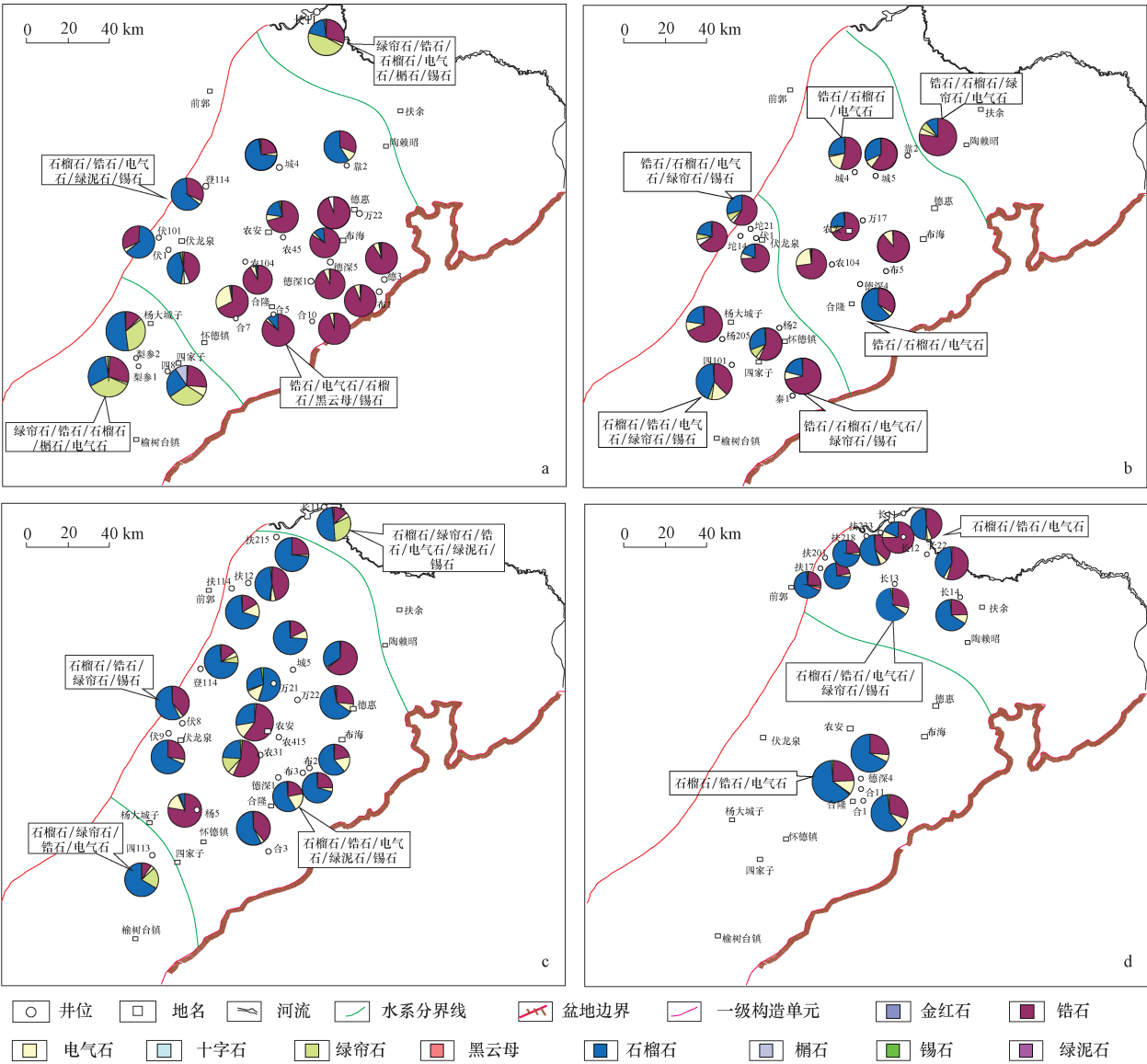


图 2 松辽盆地南部东南隆起区泉头组各层序重矿物分布

Fig. 2 Distribution of heavy minerals in each sequence of southeastern uplift of southern Songliao Basin

a. 泉一段; b. 泉二段; c. 泉三段; d. 泉四段



图3 松辽盆地南部东南隆起区泉头组河流相岩心特征

Fig. 3 Characteristics of core samples from fluvial facies in the Quantou Formation in southeastern uplift of southern Songliao Basin

a. 伏10井,埋深1 737.5 m,叠瓦状砾石(河底滞留沉积);b. 伏10井,1 635.9 m,细砾岩(河底滞留沉积);c. 伏10井,埋深1 638.2 m,斜层理砂砾岩(心滩);d. 伏10井,埋深1 486.6 m,槽状交错层理粗砂岩(心滩);e. 长12井,埋深753.4 m,底砾岩及冲刷面(河底滞留沉积);f. 城4井,埋深1 332.65 m,底砾岩及冲刷面(河底滞留沉积);g. 扶114井,埋深358.10 m,交错层理砂岩(边滩);h. 杨205井,埋深807.31 m,槽状交错层理细砂岩(边滩)

总之,泉头组整体储层砂体发育平面面积大,砂岩百分含量较高,有三个主物源方向:桑树台镇-伏龙泉、长春-农安和榆树-扶余,自盆地边缘向中心汇聚,砂岩百分含量主要集中在30%~60%,最高可达80%;砂岩百分含量变化带有方向性,自东部盆地边缘向西部凹陷区方向,砂岩百分含量逐渐变小,指明了主要的物源方向^[12]。

3 沉积相类型及其特征

3.1 辫状河沉积体系

辫状河沉积体系可划分为河床与泛滥平原两个沉积亚相^[13-14]。

3.1.1 河床

主要发育于V-q1层序。由多个沉积正旋回构成,每一沉积旋回底面可观察到冲刷面和底砾岩,向上沉积颗粒逐渐变细,由含砾粗砂岩过渡到细砂岩甚至更细,岩心中可以直接观察到平行层理,有时可见槽状交错层理,垂向上自下而上砂体粒度由粗变细,可以看出完整的正沉积旋回。辫状河流摆动频繁,岩心及测

井资料上可见多个河道相互切叠(图1)。河床亚相的微相类型主要为河底滞留沉积与心滩沉积。

1) 河底滞留沉积

河底滞留沉积粒度较粗,岩心和录井资料记载岩石颗粒多为砾级或粗砂,且砾石在强水动力作用下,呈叠瓦状排列(图3a,b),录井岩性资料显示砂砾岩多为灰色或棕色,无层理,底部有明显冲刷面,浅灰色含泥砾粉砂岩的泥砾直径大小为0.5~3 cm,测井特征自然电位及自然伽马曲线样式为箱形且厚度大,电阻率曲线样式也为箱形,有微小锯齿。

2) 心滩沉积

区内心滩沉积颗粒在垂向上粒度变化为底部多见砂砾岩,层厚,一般为灰色或黄褐色,顶部粒度逐渐变细,最细可过渡为细砂岩,沉积物成熟度低,层理类型丰富,以各种交错层理为主,如伏10井岩心照片中,可以看见砂砾岩单向斜层理和粗砂岩槽状交错层理(图3c,d)。自然电位曲线为箱形或钟形,电阻率曲线样式呈箱形,带小幅度锯齿。

3.1.2 泛滥平原

泛滥平原为洪泛期河水大面积溢出河床的沉积产

物,河水携带的颗粒物粒度小,多为粉砂甚至泥质粉砂薄层,覆盖在原始的厚泥岩层上,层理一般为块状,录井显示泛滥平原沉积颗粒颜色多为红色。测井特征为自然电位曲线靠近泥岩基线,电阻率曲线也为低值,但可见微齿状凸起。

3.2 曲流河沉积体系

研究区内曲流河相的亚相类型,可细分为有河床、堤岸和河漫三种。

3.2.1 河床亚相

曲流河河床亚相与辫状河河床亚相分类相似,包括河底滞留沉积和边滩沉积两种微相。

1) 河底滞留沉积

岩心可观察到底部冲刷面。以长12井为例(图3e),以厚层砂砾岩为主,底部常含下伏泥岩层被冲刷后形成的泥砾,砾石成熟度低,磨圆、分选差。录井资料记载岩石颜色多为杂色,测井曲线形态呈箱形或钟形。

2) 边滩沉积

组成边滩沉积的岩石颗粒以细砂为主,偶尔含砾石;层理类型较心滩沉积丰富,除交错层理外,还可观察到高角度斜纹层和平行层理(图3h)。边滩沉积中长石含量较高,可达49%以上,但成熟度较低。以代表井城4井为例(图3g)。录井资料显示边滩沉积岩性以细砂岩为主,偶见不等粒砂岩夹层,砂体厚度大,为5~10 m,垂向上为正韵律特征,粒序为下粗上细组合。从测井曲线组合形态来看,电测曲线为箱形或钟形,其幅度高于河床滞留沉积,自然电位通常为钟形-齿化钟形的组合样式。

3.2.2 堤岸亚相

垂向观察沉积序列,堤岸亚相一般位于河床亚相上方,粒度承接河床亚相正旋回,下粗上细规律继续变细,岩石类型较河床亚相简单,区内堤岸亚相包括天然堤与决口扇两种沉积微相。

1) 天然堤

河流在洪流期因水位上涨超过河床,河水中悬浮的细颗粒溢出河床在两边侧岸沉积下来,形成与河道相平行的砂堤,即天然堤。每次涨水期水位高过堤岸,天然堤便可加高变厚,所以天然堤的最高点可以表示河道最高水位。天然堤可以看成是一个微型的隆起,其双翼一般不对称,接近河床一侧较陡。两岸天然堤发育规模不一致,弯曲河流的凹岸顶部天然堤发育较好,凸岸天然堤因覆盖在边滩上部,很难区分。

2) 决口扇

洪泛期河流中水量骤增,超过河流的最大容积时,

河水可能冲决破坏天然堤造成决口,使部分水流顺决口处四散到河漫滩,此时原本河道内较强的水动力下悬浮的砂、泥物质,随着水流大面积扩散,水动力迅速下降而快速沉积,天然堤的上部堆积扩散成扇形沉积体,即决口扇。研究区内决口扇砂体主要由粉砂岩、泥质粉砂岩和含砾泥岩组成。泥砾是强水动力对天然堤以及下部的泥岩侵蚀冲刷作用的产物。沉积物粒度较天然堤粗,岩心上可见多种沉积构造,有小型交错层理、波状层理和冲蚀、充填构造。决口扇砂体在平面上呈朵状展布,剖面上向远离主河道方向逐渐尖灭,呈透镜状。

3.2.3 河漫亚相

河漫亚相位于天然堤外侧,地势低洼平坦面积大。当水体扩张时,河水越过天然堤流淌到河道外部的广袤平原上,水体大面积扩散导致水的悬浮能力下降,使河流中细粒物质随水体大面积扩散沉积到平原上。由于它是洪泛期沉积物垂向加积的结果,也可称之为泛滥平原沉积。本区的河漫亚相依据沉积环境和特点,可进一步划分为河漫滩和河漫湖泊两个沉积微相。

本区河漫沉积亚相主要是河漫滩沉积,沉积物以泥岩为主。因河漫滩间歇出露水面被空气氧化,泥岩主要是紫红色,岩心上可见明显的钙质团块。层理不发育,以块状层理为主。河漫湖泊微相岩性以泥岩为特征,夹薄层粉砂质泥岩,岩石多为紫红色,少见灰色,可在岩心上观察到钙质结核。测井曲线形态相类似,河漫滩和河漫湖泊自然电位和电阻率曲线均靠近基值,含粉砂位置曲线呈微齿状突起。

3.3 冲积扇沉积体系

冲积扇具有近物源沉积的特点。其岩石成分复杂,颗粒大小不均,分选磨圆较差,测井曲线模式为微齿状箱型。地震剖面上自扇根至扇端同相轴连续性逐渐清晰,可作为冲积扇识别的标志。岩心观察和录井资料上可以看出,岩石颗粒组成以杂色砾岩、砂砾岩为主,混合褐色泥岩,砾石分选、磨圆极差。亚相类型主要发育扇根、扇中及扇缘亚相。

3.4 辫状河与曲流河鉴别标志

3.4.1 沉积粒度概率曲线不同

辫状河心滩沉积粒度概率曲线呈三段式(图4a, b),颗粒搬运方式包括悬浮、跳跃和滚动三种;跳跃总体含量可达总量的60%,分选较好,悬浮总体和滚动总体含量少;曲流河沉积粒度概率曲线表现为典型的两段式,如V-q₂层序的城4和万17井(图4c, d),颗粒搬运方式以悬浮和跳跃为特征,跳跃总体含量略高,

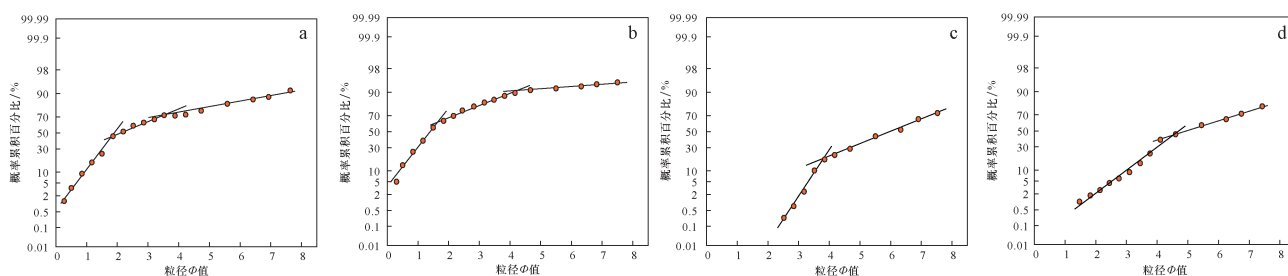


图4 松辽盆地南部东南隆起区泉头组河流相粒度概率累积曲线特征

Fig. 4 Cumulative curve of grain size probability of fluvial facies in the Quantou Formation in southeastern uplift of southern Songliao Basin

a. 合10井,埋深1 329.6~1 329.7 m; b. 农104井,埋深1 202.1~1 202.2 m; c. 城4井,埋深1 331.15~1 331.25 m; d. 万17井,埋深1 315.87~1 315.97 m

悬浮总体含量为40%左右,粒径 Φ 值截点在3.5~4.5,基本不见滚动总体。

3.4.2 岩性及粒度不同

辫状河砂岩粒度较粗,从粗到细为含砾砂岩过渡到中砂岩和细砂岩,层理以平行层理为主,平面为高砂岩百分含量沉积分布,由于河道迁移迅速,导致其稳定性差,但物性较好。曲流河发育于辫状河前端,砂体粒度跟辫状河对比,粒度多为中砂岩和中细砂岩,层理以交错层理为主,物性相对较差,但通常含油性相对较好。

3.4.3 测井曲线组合特征不同

辫状河在电性和自然电位组合上表现为中-高幅箱形正韵律特征,内部韵律个数少,夹层密度小;曲流河在测井曲线上表现为自然电位低幅齿化钟形或齿化指状钟形曲线,电阻率主要通常为齿化钟形曲线,内部韵律个数多,但单韵律厚度小。

4 泉头组沉积体系的空间配置

泉头组沉积时期为松辽盆地裂陷快速沉降阶段,处于盆地断-拗转换时期,盆地沉积范围开始扩张,地层逐渐向盆地边缘超覆,整体上表现为沉降速率快、粗粒沉积物快速充填的特点。处于裂陷期的盆地具陡坡成扇、缓坡成河的沉积特征^[15]。

泉头组V-q1层序以辫状河沉积为主(图5a),辫状河河道平面总体覆盖范围宽广,泛滥平原沉积呈点状或窄条带状,平行三大水系方向镶嵌于辫状河道砂体边部,向南部陡坡区冲积扇沉积体汇聚^[16-18]。层序V-q2和层序V-q3沉积范围开始扩大(图5b,c),主要发育了冲积扇、辫状河和曲流河沉积,该时期三大水系摆动明显,河流沉积类型表现为从辫状河沉积过渡为曲流河沉积的过程。其中,曲流河在盆地内缓坡区大面积分布,河道呈宽条带状向中央凹陷延伸。冲积扇和辫状河沉积分布相对有限,冲积扇仍发育于工区东南边部,与冲积扇相接壤,辫状河发育于东部盆地

的边缘,自东南-西北向延伸,早期河道下切剥蚀力度大,形成厚层单砂体,层间洪泛泥岩隔层发育差,多期河道交织叠覆。晚期河道下切作用变弱,河道单砂体厚度变小,但河道宽度有所增加,泥岩隔层发育稳定,显示了从早期辫状河复合河道向晚期曲流河单一河道过渡的变化过程。V-q4地层厚度较薄,该时期河流相过渡已经结束(图5d),但盆地沉积范围持续扩大^[19],区内仅发育曲流河沉积,河道呈宽条带状向中央凹陷延伸,三个主物源中长春水系与榆树水系在长春岭背斜带汇聚,整个泉头层序组在榆树凹陷东部有剥蚀作用的痕迹,杨大城子在V-q4时期受到剥蚀,结束了泉头组末期的河流沉积发展过程。

5 结论

1) 东南隆起区泉头组岩性以氧化较强的紫红色砂岩和粉岩沉积为主,储层砂岩碎屑成分有石英、长石和岩屑三类,还包括微量造岩矿物,物性随埋深增加变差,泉头组储层物性属低孔、低渗型致密储层。

2) 结合重矿物组合分析法确定了东南隆起区主要发育三大水系:梨树-桑树台、长春-农安和榆树-扶余,说明泉头组存在三个主物源方向,且平面分布具有一定的分区性和继承性;砂岩百分含量显示泉头组砂体较为发育,砂体主要沿着桑树台镇-伏龙泉方向、长春-农安方向和榆树-扶余方向从盆地边缘向盆地中心汇聚,构成三大水系发育区,自东向西沿盆地凹陷方向,砂岩百分含量逐渐变小,指明了主要的物源方向。

3) 泉头组沉积特征可归纳为沉降速度快、粗粒物质迅速充填的特点。盆地为陡坡成扇、缓坡成河的沉积特征。层序V-q1主要发育辫状河沉积和冲积扇沉积,层序V-q2和层序V-q3为从辫状河沉积过渡为曲流河沉积的过程,主要发育了冲积扇、辫状河和曲流河沉积体系,层序V-q4完成了河流过渡沉积过程,为完全的曲流河沉积,三大水系中的长春水系与榆

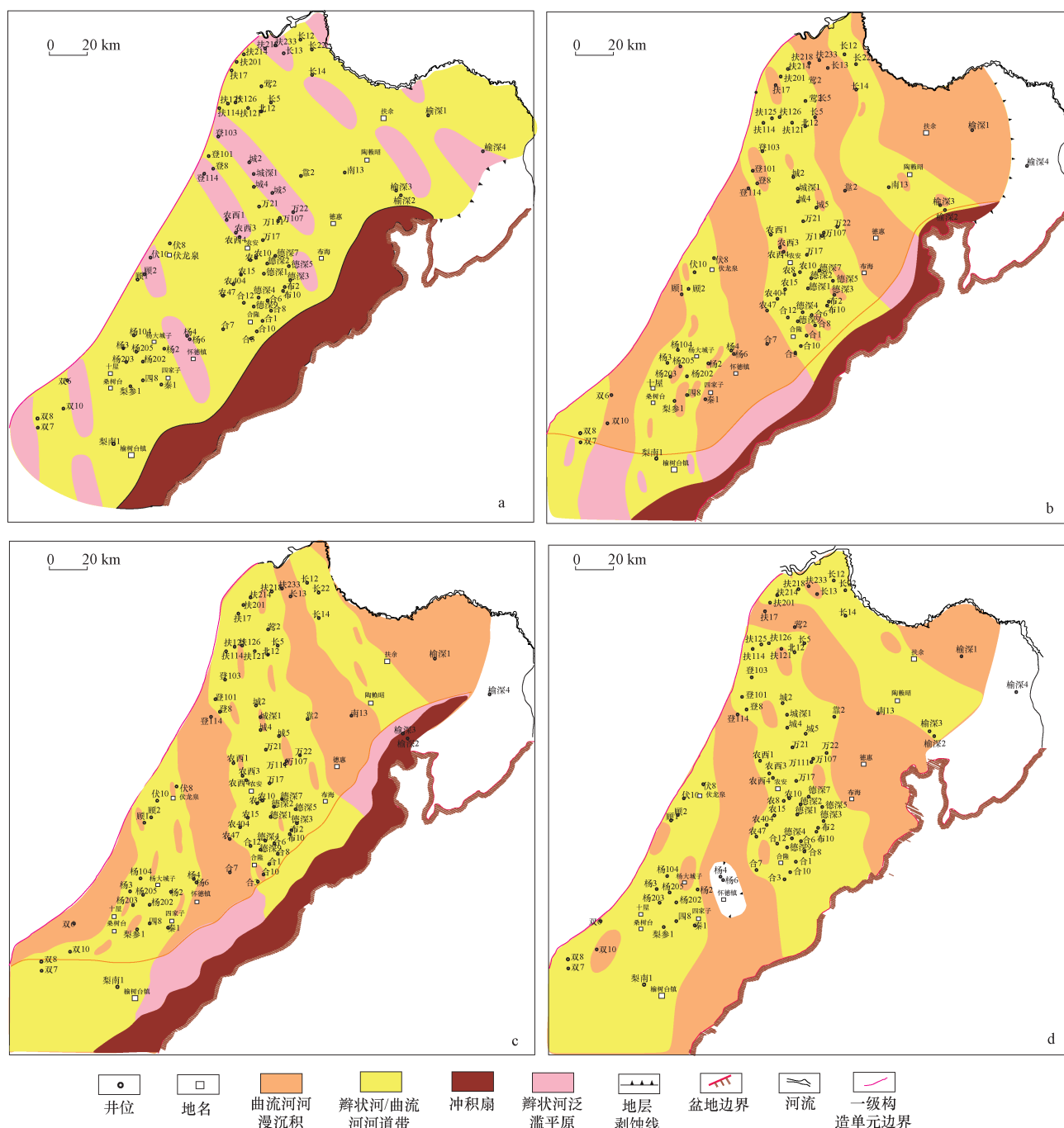


图5 松辽盆地南部东南隆起层序V 泉头组沉积优势相图

Fig. 5 Predominant sedimentary facies in sequence V of the Quantou Formation in southeastern uplift of southern Songliao Basin

a. 泉一段; b. 泉二段; c. 泉三段; d. 泉四段

树水系在长春岭背斜带汇聚,其后结束了泉头组末期的河流沉积过程。

参考文献

- [1] 李君,黄志龙,李凌君,等.对松辽盆地南部东南隆起抬升过程的新认识[J].新疆石油地质,2008,29(6):690-692.
Li Jun, Huang Zhilong, Li Lingjun, et al. New understanding of uplifting process of southeast uplift area in southern Songliao Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(6): 690-692.
- [2] 高有峰,王璞珺,瞿雪娇,等.松辽盆地东南隆起区白垩系嫩江组一段沉积相、旋回及其与松科1井的对比[J].岩石学报,2010,

26(1):99-108.

Gao Youfeng, Wang Pujun, QU Xuejiao, et al. Sedimentary facies and cyclostratigraphy of the Cretaceous first member of Nenjiang Formation in the Southeast uplift zone, Songliao Basin and its correlation with the CCSD-SK-I[J]. Acta Petrological Sinica, 2010, 26(1): 99-108.

- [3] 程日辉,王国栋,王璞珺.松辽盆地白垩系泉三段-嫩江组沉积旋回与米兰科维奇周期[J].地质学报,2008,82(1):55-64.
Cheng Rihui, Wang Guodong, Wang Pujun. Sedimentary cycles of Quantou-Nenjiang, Cretaceous and Milankovitch cycles from the south hole of CCSD-SK in Songliao Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(1): 55-64.

- [4] 庞智英,舒萍,纪学雁,等. 松辽盆地东南隆起区白垩系营城组二段沉积相分析及层序划分[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2009,39(2):232-237.
- Pang Zhiying, Shu Ping, Ji Xueyan, et al. Sedimentary facies analysis and stratigraphic sequence division of the second member of the Yingcheng Formation in the southeastern Uplift Region, Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2009,39(2):232-237.
- [5] 刘万洙,邵锐,白雪峰,等. 松辽盆地东南隆起区营城组一段熔浆胶结复成分砾岩特征及其成因分析[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2007,37(6):1124-1130.
- Liu Wanzhu, Shao Rui, Bai Xuefeng, et al. Characteristics and genetic study of the magma-cemented polymictic conglomerate in the Cretaceous Yingcheng Formation, southeastern uplift area of the Songliao basin[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2007,37(6):1124-1130.
- [6] 李君,黄志龙,李佳,等. 松辽盆地东南隆起区长期隆升背景下的油气成藏模式[J]. 岩性油气藏, 2007,19(1):57-61.
- Li Jun, Huang Zhilong, Li Jia, et al. The pool-forming pattern in the condition of arching in the southeast uplift in Songliao Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2007,19(1):57-61.
- [7] 王宗礼,李君,林世国,等. 松辽盆地南部东南隆起区低压油气藏形成机制及分布特征研究[J]. 天然气地球科学, 2009,20(2):216-221.
- Wang Zongli, Li Jun, Lin Shiguo, et al. Forming mechanism and distribution of low pressure reservoirs in southeast uplift of southern Songliao Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2009,20(2):216-221.
- [8] 邓宏文,吴海波,王宁,等. 河流相层序地层划分方法——以松辽盆地地下白垩统扶余油层为例[J]. 石油与天然气地质, 2007,28(5):621-627.
- Deng Hongwen, Wu Haibo, Wang Ning. Division of fluvial sequence stratigraphy—an example from the Lower Cretaceous Fuyu oil bearing layer, the Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2007,28(5):621-627.
- [9] 叶德燎. 松辽盆地东南隆起区下白垩统层序地层格架及油气成藏规律[J]. 地质科学, 2005,40(2):227-236.
- Ye Deliao. Lower Cretaceous sequence stratigraphic framework and hydrocarbon accumulation in the Southeast rise, Songliao Basin, China[J]. Chinese Journal of Geology, 2005,40(2):227-236.
- [10] 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 Jingxing, Dai Qide, Wu Liyan, et al. Study on alluvial-fluvial facies sequence stratigraphy[J]. Journal of the University of Petroleum, China, 2003,27(4):15-19.
- [11] McPherson J G, Shanmugam G, Moiola R J. Fan-deltas and braid-deltas: varieties of coarse-grained deltas[J]. Geological Society of America Bulletin, 1987,99(3):331-340.
- [12] 单敬福,纪友亮,金利红,等. 塔南—南贝尔凹陷沉南屯组沉积相特征[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2013,44(1):241-250.
- Shan Jingfu, Ji Youliang, Jin Lihong, et al. Sedimentary facies characteristic of Nantun Formation in Tarnan—Southbell Depression[J]. Journal of Central South University(Science and Technology), 2013,44(1):241-250.
- [13] 肖佃师,卢双舫,陈海峰,等. 源外斜坡区断裂密集带对油气成藏的控制作用:以松辽盆地肇源南扶余油层为例[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2012,43(9):3548-3557.
- Xiao Dianshi, Lu Shuangfang, Chen Haifeng, et al. Control effect of fault condensed belts in hydrocarbon accumulation in slope area outside of source area: A case study of Fuyu oil layer in Zhaoyuannan region, Songliao Basin[J]. Journal of Central South University(Science and Technology), 2012,43(9):3548-3557.
- [14] 远光辉,操应长,王艳忠. 东营凹陷民丰地区沙河街组四段—三段中亚段沉积相与沉积演化特征[J]. 石油与天然气地质, 2012,33(2):277-286.
- Yuan Guanghui, Cao Yingchang, Wang Yanzhong. Sedimentary facies and their evolution of the 4th-middle 3rd members of Shahejie Formation in Minfeng area, Dongying Sag[J]. Oil & Gas Geology, 2012,33(2):277-286.
- [15] 李占东,卢双舫,李军辉,等. 松辽盆地肇源—太平川地区白垩系姚家组一段沉积特征及演化[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2011,42(12):3818-3825.
- Li Zhandong, Lu Shuangfang, Li Junhui, et al. Sedimentary characteristics and evolution of member 1 Yaojia Formation of Cretaceous in Zhaoyuan—Taipingchuan area of Songliao Basin[J]. Journal of Central South University(Science and Technology), 2011,42(12):3818-3825.
- [16] 刘忠宝,杨圣彬,焦存礼,等. 塔里木盆地巴楚隆起中、下寒武统高精度层序地层与沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2012,33(1):70-76.
- Liu Zhongbao, Yang Shengbin, Jiao Cunli, et al. High resolution sequence stratigraphy and sedimentary characteristics of the Middle-Lower Cambrian in Bachu Uplift, the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012,33(1):70-76.
- [17] 李占东,李阳,张海翔,等. 海拉尔盆地乌尔逊—贝尔凹陷大磨拐河组油气成藏条件[J]. 石油实验地质, 2011,33(5):480-487.
- Li Zhandong, Li Yang, Zhang Haixiang, et al. Petroleum accumulation conditions of Damoguaihe Formation in Urxun—Beier Sags, Hailaer Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2011,33(5):480-487.
- [18] 宋广增,王华,甘华军,等. 东营凹陷郑南地区沙四上亚段坡折带对层序、沉积与油气成藏控制[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2013,44(8):3415-3423.
- Song Guangzeng, Wang Hua, Gan Huajun, et al. Slope-break and its control on sequence, sedimentation and hydrocarbon accumulation of Upper Es₄ in Zhengnan area, Dongying sag Journal of Central South University(Science and Technology), 2013,44(8):3415-3423.
- [19] 刘双莲,李浩,周小鹰. 大牛地气田大12—大66井区沉积微相与储层产能关系[J]. 石油与天然气地质, 2012,33(1):45-49.
- Liu Shuanglian, Li Hao and Zhou Xiaoying. Relationship between sedimentary microfacies and reservoir productivity in Da12—Da66 wellblock, Daniudi gas field[J]. Oil & Gas Geology, 2012,33(1):45-49.

(编辑 张玉银)