

引用格式:高照普.鄂尔多斯盆地北缘什股壕气区盒2+3段沉积微相及其含气性研究[J].油气藏评价与开发,2022,12(2):292-301.

GAO Zhaopu. Sedimentary micro-facies and gas bearing property of He2+3 Member in Shiguhao gas area, northern margin of Ordos Basin[J]. Petroleum Reservoir Evaluation and Development, 2022, 12(2): 292-301.

DOI:10.13809/j.cnki.cn32-1825/te.2022.02.004

鄂尔多斯盆地北缘什股壕气区盒2+3段沉积微相及其含气性研究

高照普

(中国石化华北油气分公司勘探开发研究院,河南 郑州 450006)

摘要:以东胜气田什股壕气区盒2+3段为研究对象,刻画该区沉积相类型及平面展布,开展沉积微相与天然气分布的关系研究。由于复杂的古地貌特征对沉积体系展布特征的影响,通过古地貌精细刻画,明确了沉积碎屑搬运通道及沉积体系展布空间。在岩心观察的基础上,归纳出14种岩相类型和5种岩相组合,识别出盒2+3段,发育了心滩、辫流水道和河漫沉积3种沉积微相。剖析典型井的垂向沉积序列,以粒度较粗的正粒序为主,形成单期大套厚层的含砾中粗砂岩。刻画出辫状河沉积相垂向及平面展布特征,砂体呈近南北向条带状展布,河道侧向迁移摆动频繁。结合储层物性参数,总结不同微相类型对储层物性的影响,分析含气储层在沉积微相中的分布规律,确定辫状河中心滩微相物性及含气性好,具有较大的天然气开发潜力。

关键词:古地貌;岩相;沉积序列;沉积微相;含气性

中图分类号:TE122

文献标识码:A

Sedimentary micro-facies and gas bearing property of He2+3 Member in Shiguhao gas area, northern margin of Ordos Basin

GAO Zhaopu

(Exploration and Development Research Institute, Sinopec North China Oil and Gas Company, Zhengzhou, Henan 450006, China)

Abstract: Taking He2+3 Member in shiguhao gas area of Dongsheng gas field as the research object, the types and plane distribution of sedimentary facies in this area have been described, and the relation between sedimentary microfacies and natural gas distribution has been studied. Due to the influence of complex paleogeomorphic characteristics on the sedimentary system distribution, the transportation channel of sedimentary debris and the distribution space of sedimentary system mainly is defined by the description of paleogeomorphology. On the basis of core observation, 14 lithofacies types and 5 lithofacies associations are summarized, and three sedimentary microfacies of channel bar, braided channel and river flood deposition are identified in He2+3 Member. The vertical sedimentary sequence of typical wells is analyzed, which is dominated by the normal grain sequence with coarse grain size, forming a single-stage large set of thick gravelly medium-coarse sandstone. The vertical and plane distribution characteristics of braided river sedimentary facies are characterized. The sand body is distributed in a nearly north-south strip, and the river channel migrates and swings frequently laterally. Combined with the reservoir physical parameters, the influence of different microfacies on reservoir physical properties is summarized, the distribution of gas-bearing reservoirs in sedimentary microfacies is analyzed, and finally the braided river channel bar is proved to have good physical properties and gas-bearing properties, which has great natural gas development potential.

Keywords: paleogeomorphic; lithofacies; sedimentary sequence; sedimentary micro-facies; gas-bearing property

收稿日期:2021-09-09。

作者简介:高照普(1989—),男,硕士,助理研究员,从事天然气开发地质研究工作。地址:河南省郑州市陇海西路199号中国石化华北油气分公司,邮政编码:450006。E-mail:gaozhaopu.2008@163.com

基金项目:中国石化科技部项目“鄂尔多斯盆地中国石化探区上古生界致密气富集规律与目标优选”(P20065-2)。

目前,非常规天然气得到人们的日益关注,致密砂岩气已经逐渐成为天然气产量的主要增长点。与页岩气、煤层气等非常规气相比,中国近期在非常规气勘探开发中以致密砂岩气为先。致密砂岩气发育背景多样,以陆相与海陆过渡相为主,其层位分布与聚煤时期相对应,自晚古生代至新生代均有分布。鄂尔多斯盆地致密砂岩气主要分布在石炭系—二叠系陆表海的河流—三角洲沉积环境。盆地北缘下石盒子组储层作为致密砂岩气主力产层,砂体展布受古地貌控制,且沉积微相相变快,储层非均质性很强,物性受沉积微相控制,继而影响储层的含气性。通过井—震结合的印模法恢复研究区早石炭世古地貌特征,分析盒2+3段沉积体系的“源—汇”系统,归纳沉积体系的岩相类型、岩相组合及垂向沉积序列,明确有利沉积微相的展布特征,并进行致密砂岩气储层含气性分析^[1]。

1 区域地质概况

鄂尔多斯盆地为中国第二大沉积盆地,面积可达 $37 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。从现今构造形态上来说,该盆地可划分为6个二级构造单元:天环坳陷、晋西挠褶带、伊盟隆起、伊陕斜坡、西缘逆冲带以及渭北隆起^[2]。研究区什股壕气区锦66井区位于鄂尔多斯盆地北缘伊陕斜坡带上,构造复杂,三级、四级断裂发育,主要目的层古地貌变化大,沉积类型多样,下古生界主要发育冲积扇、辫状河、三角洲沉积相^[3]。

2 沉积特征

2.1 古地貌刻画

研究区位于盆地北缘山前带,上古生界沉积前,古地貌呈“隆凹相间”的特征,砂体呈“窄河道辫状河”特征^[4]。这种复杂构造与窄河道的特征,是气藏规模小的原因之一。

在陆相环境中,沉积物从山区山口冲出。在平缓的冲积平原上形成的冲积扇—辫状河沉积体系中,古地貌起伏控制了河流相及冲积相的分布。尤其是在河流相发育的冲积平原上,古地貌及物源供给控制了河流相砂体的展布与构成特征,进而制约气藏单元的构成与分布。

采用印模法来刻画古地貌,基本原理为:古侵蚀

面是一个地形高低起伏不平的面,上覆地层将按照填平补齐的原则进行沉积充填。由于地层是逐层堆积形成的,因此,在古侵蚀面上地势低洼地区的上覆地层厚度较大。相反,地势较高地区的上覆地层则较薄。所以利用古风化壳上覆充填沉积的标志层至侵蚀面厚度等值线图的反等值线来表征古地貌形态^[5]。

什股壕气区面积较大(超过 $1\,000 \text{ km}^2$),钻井分布不均,钻井密度不够。因此,利用钻井资料进行古地貌恢复,不能满足对什股壕气区下石盒子组的开发评价需要,宜在钻井精细标定地震剖面的基础上,采用井震结合进行古地貌恢复(图1)。

在盒2+3段沉积时期,整体上什股壕气区已经准平原化,地形起伏总体不大,为向南倾斜的低缓斜坡,其中,东北部为公卡汉凸起,西边有规模较小的次级凸起。凸起之间夹有洼地,洼地内部存在规模较小的高地和洼地。整体上来讲,下石盒子组中的盒2和盒3段为一套连续沉积的碎屑岩沉积物,厚度相对协调变化,适合采用印模法研究微古地貌。从杭锦旗地区盒2+3段的区域古地貌图上可见什股壕气区整体上呈现出北、西北和东北面高,南面低,隆凹相间的格局。

什股壕气区盒2段地层厚度总体介于 $20 \sim 60 \text{ m}$,平均 40 m ;盒3段地层厚度总体介于 $25 \sim 60 \text{ m}$,平均 42 m 。因此,盒2+3段地层沉积时期的古地貌表现为整体平缓,西、北东、北等整体较高,发育低幅隆起,南面整体平缓,隆凹相间。整体呈现“两洼两隆”的格局,具有一定的继承性。从地貌走向来看,什股壕气区的西面,地貌走势为北西—南东向;东面的走势为北东—南西向,在南面巴彦布拉斜坡(低洼)之处

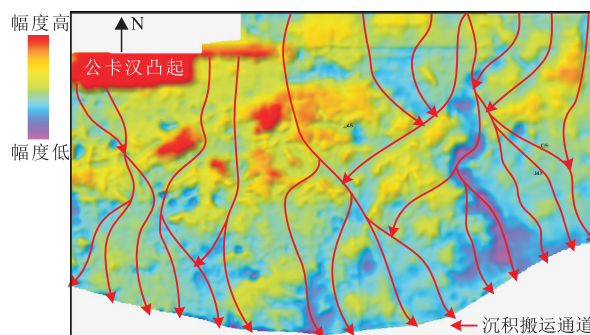


图1 什股壕气区早石炭纪古地貌

Fig. 1 Carboniferous paleogeomorphic of Shiguohao gas area

汇合,整体向南分流分布。在隆起上多发育辫流水道及河漫沉积微相,沿低洼之处多为辫流水道主体发育。

2.2 岩相特征及岩相组合

2.2.1 岩相特征

岩相为一套具有独特岩性、颜色及沉积构造的岩石单元。岩石相反映的是在特定沉积环境及沉积条件下的沉积产物,其不同岩石相的组合能够反映不同的沉积微相,因而岩石相是沉积微相研究的重要基础^[6]。

什股壕气区的下石盒子组盒2+3段的区域沉积背景为辫状河沉积体系,其中流体的流型较为复杂,以与牵引流有关的辫状河沉积为主,但普遍发育与重力流有关的洪水泥石流沉积^[7],主要发育各类砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩及泥岩相(表1)。

1) 杂基支撑的副砾岩相(Gmms)

块状杂基支撑的副砾岩相为洪水期泥、砂、砾混杂搬运,洪水减退流速减缓时泥、砂、砾混杂沉积所

形成的,包括两种类型:①泥、砂充填于砾岩石间形成基质支撑的副砾岩相;②全部由泥质支撑的副砾岩相。

副砾岩相最终是由泥、砂充填基质支撑还是泥质充填支撑,与洪水期物源供给、洪水的黏性有关。一般来讲,由于与洪水有关的泥石流,黏度较高,具有强度,流体性质属于塑性流,可以搬运较粗的砾石,分选较差。随着泥质含量的降低,洪水黏性降低,洪水泥石流逐渐可以转化为牵引流沉积^[8]。

2) 洪泛成因的含砾粗砂岩相(Scfg)

洪泛成因含砾粗砂岩相以灰白色含砾粗粒砂岩为主,砾石含量(体积分数)大于15%,其中常有漂砾。根据砾石含量、大小以及砂质含量变化,洪泛成因含砾粗砂岩相可分为正、反韵律,形成向上变粗或变细的递变层理^[9]。

研究区下石盒子组盒2+3段沉积时,除广泛发育洪水泥石流沉积以外,主体仍为正常沉积作用下的牵引流沉积。

表1 什股壕气区下石盒子组岩石相类型
Table 1 Lithofacies types of Lower Shihezi Formation in Shigu hao gas area

岩性	岩相类型	代码	特征	沉积相	
砾岩	牵引流	Gms	颗粒支撑、砂质充填、层理发育、砾石定向	辫流水道	
	洪水泥石流	Gmms	杂基支撑;泥、砂、砾混杂堆积		
		含砾粗砂岩	Scfg	含砾粗砂,砾石含量大于15%,常有漂砾;正反韵律,递变层理	心滩
中粗砂岩	牵引流	块状层理粗砂岩相	层理构造不明显、牵引流中高水流能量的特征	心滩	
		平行层理中粗砂岩相	平行层理、牵引流高水流能量特征		
	牵引流	槽状交错层理中粗砂岩相	槽状交错层理发育,主要反映牵引流中高水流能量的特征	辫流水道、心滩顶部	
		板状交错层理中粗砂岩相	板状交错层理,牵引流中高水流能量		
		平行层理中细砂岩相	高流态流体越过心滩顶部,使得沙丘平面迁移,一般存在于垂向加积作用形成的心滩中		
粉细砂岩(牵引流)	块状层理细砂岩相	Sfm	层理不明显,以细砂岩为主,中低水流快速沉积	心滩顶部	
	波状—水平层理粉细砂岩相	Sfw、Sfh	泥质含量较高、波状层理、部分位置发育水平层理,反映低水流能量的特征	辫流水道、河漫沉积	
粉砂岩相	水平层理泥质粉砂岩相	Fh	水平层理,水动力较弱	辫流水道、河漫沉积	
	粉砂岩相	沙纹层理粉砂岩、泥质粉砂岩相	Fl	沙纹层理,水动力弱	河漫沉积
		块状层理粉砂岩、泥质粉砂岩相	Fm	块状层理,水动力弱	
泥岩	泥岩相	M	深灰色、褐色,页理不发育,部分泥岩较为破碎	河漫沉积	

1) 颗粒支撑的正砾岩相(Gms)

灰白色,砾石粒径大小混杂,直径最大可达10 cm以上。磨圆主要为次圆,分选中等。砾石存在一定的定向,反映牵引流的特征^[10]。粒间充填为粗砂或中砂。沉积相主要为河道底部滞留砾石沉积,与下部泥岩或粉砂岩之间存在冲刷面。颗粒支撑的正砾岩相特征表现为岩性以中、细砾岩为主。该岩相砾石磨圆度好,分选度差,沉积构造主要有块状层理、递变层理(正或反)、平行层理、板状层理、槽状层理。

2) 块状层理(含砾)粗砂岩(Sgm)

以浅灰色(含砾)粗砂岩为主,部分(含砾)中砂岩,因粒度较粗,层理构造不明显^[11]。反映牵引流中高水流能量的产物,在目的层段广泛发育,一般发育在心滩砂坝微相。

3) 平行层理粗砂岩(Sp)

以浅灰色粗砂岩为主,部分中砂岩,平行交错层理发育。平行层理主要反映牵引流高水流能量的产物,一般发育在心滩的中下部。

4) 槽状交错层理粗、中砂岩(St)

以浅灰色粗砂岩为主,部分中、细砂岩中发育槽状交错层理。槽状交错层理砂岩主要反映牵引流中低水流能量的产物,在目的层段广泛发育,一般发育在心滩砂坝微相上部^[12],也可以发育在河道充填中。

5) 板状交错层理粗、中砂岩(Spl)

以浅灰色粗砂岩为主,部分中砂岩,板状交错层理发育。板状交错层理主要反映牵引流中高水流能量的产物,与槽状交错层理发育位置相当,一般发育在心滩砂坝微相^[13],Spl也发育在河道充填中。

6) 波状—水平层理细砂岩相(Sfw、Sfh)

以浅灰色粗砂岩为主,部分中砂岩,板状交错层理发育。板状交错层理主要反映牵引流中高水流能量的产物,与槽状交错层理发育位置相当,一般发育在心滩砂坝微相,Spl也发育在河道充填中^[14]。

7) 泥岩相(M)

泥岩颜色包括棕红色、杂色、褐色,页理不发育,部分泥岩较破碎。泥岩颜色反映研究区为氧化环境,为河流相地层。

2.2.2 岩相组合

1) 洪泛性辫流水道+心滩岩相组合

该类组合比较常见,代表河道发育的初期,主要发育近源的洪水泥石流沉积,泥质及砂泥混合支撑,颗粒的分选磨圆较差,后期随着洪水密度下降,流型逐渐转化为牵引流,形成砂基支撑的砾岩,可见交错层理^[15],表明后期水流对前期泥石流的改造(图2)。

2) 牵引流型的辫流水道+心滩岩相组合

该类组合主要为Gms—Sgm—Sp—Spl,心滩底部为块状砂砾岩相(Gms),可见不清晰的正韵律,砾岩分选磨圆较好,砂基支撑,可见交错层理,底部可见冲刷面构造,代表高速水流下的砂泥岩沉积^[16]。心滩中上部发育块状层理(含砾)砂岩相(Sgm)、平行层理砂岩相(Sp)和板状交错层理砂岩相(Spl)(图3)。

3) 河道充填岩相组合

河道充填岩相组合主要为Sm—St,河道充填粒度比心滩细^[17],岩相为块状层理砂岩相(Sm)和槽状交错层理砂岩相(St)(图4)。

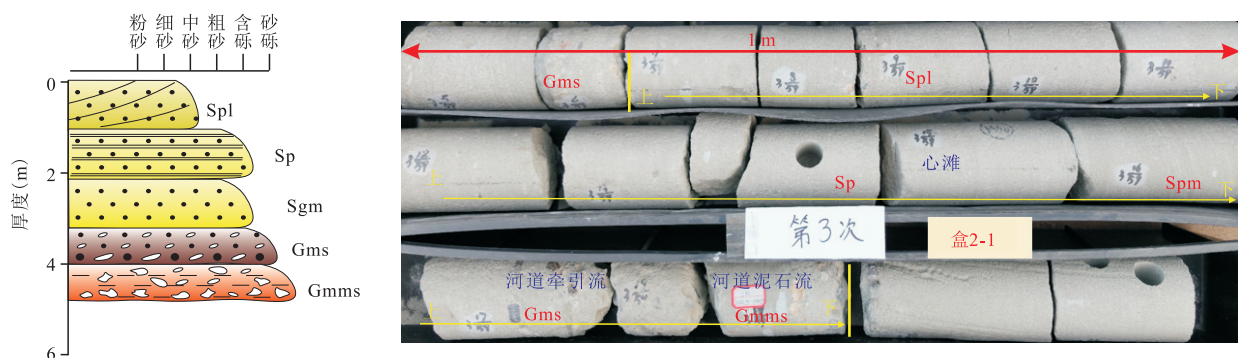


图2 洪泛性辫流水道+心滩微相沉积组合(J82井,盒2段)

Fig. 2 Flooding braided channel+heart beach sedimentary microfacies assemblage(Well-J82, He-2 Member)

4) 河漫沉积岩相组合

河漫沉积岩相组合为越岸沉积发育薄层的水平层理泥质粉砂岩相(Fh)和沙纹层理粉砂岩^[18]、泥质粉砂岩相(FI)和块状层理粉砂岩、泥质粉砂岩相(Fm)^[19],河漫沉积主要发育块状泥岩相(M)。

2.3 单井沉积序列

依据上述沉积微相划分方案,以J66井、J68井、J81井、J82井、J84井、J97井、J102井、J145井口取心井资料、岩屑录井以及单井测井曲线资料为基础,划分单井沉积微相,以J68井为例。

J68井的盒2-1、盒2-2小层发育辫状河沉积体系,多期河道叠加,主要发育辫流水道、心滩和河漫沉积微相。辫流水道微相沉积主要为砂砾岩,底部可见冲刷面构造。辫流水道分为砂质充填和泥质充填,盒2-1小层的辫流水道为砂质充填,底部发育大套厚层河道滞留砾石沉积,顶部发育中砂岩,见平行层理,充填厚度约15 m;盒2-2小层的辫流水道也为

砂质充填,底部也发育滞留砾石沉积,向上发育泥岩和细砂岩,见平行层理和板状交错层理,充填厚度约10 m。心滩微相岩性主要为含砾粗砂岩、含砾中砂岩、中砂岩、细砂岩,可见平行层理和板状交错层理,单期心滩厚度介于0.8~3.5 m。河漫沉积岩性主要为棕褐色、紫褐色和灰色泥岩(图5)。

2.4 沉积相展布

2.4.1 沉积相垂向展布

通过研究区盒2段一盒3段由东向西垂直于河道的4条沉积剖面,分析垂向沉积特征。由盒2段到盒3段总体上表现出基准面上升,可容纳空间减小,物源供给减小,单河道砂体规模减小,由“砂包泥”变为“泥包砂”的特点。其中,研究区盒2-1小层测井曲线以光滑箱形、齿化箱形为主,反映该时期水动力较强;纵向上多期辫流水道和心滩沉积叠置,砂岩厚度大,单砂体平均厚度9.8 m,泥岩较薄,具典型的“砂

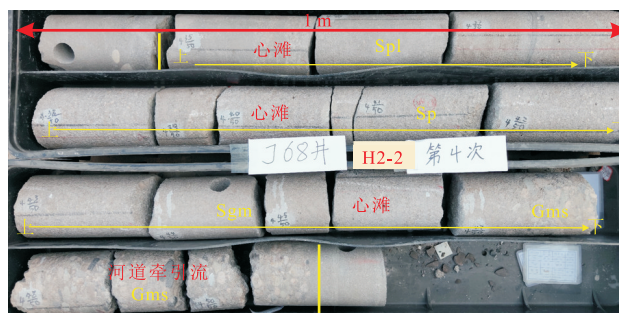
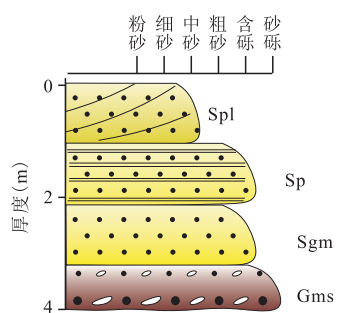


图3 牵引流型辫流水道+心滩微相沉积组合(J68井,盒2段)

Fig. 3 Traction flow braided channel+heart beach sedimentary microfacies combination (Well-J68, He-2 Member)

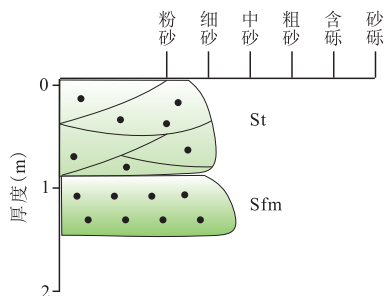


图4 河道充填岩相组合(J33井,盒2段)

Fig. 4 Channel filling lithofacies combination (Well-J33, He-2 Member)

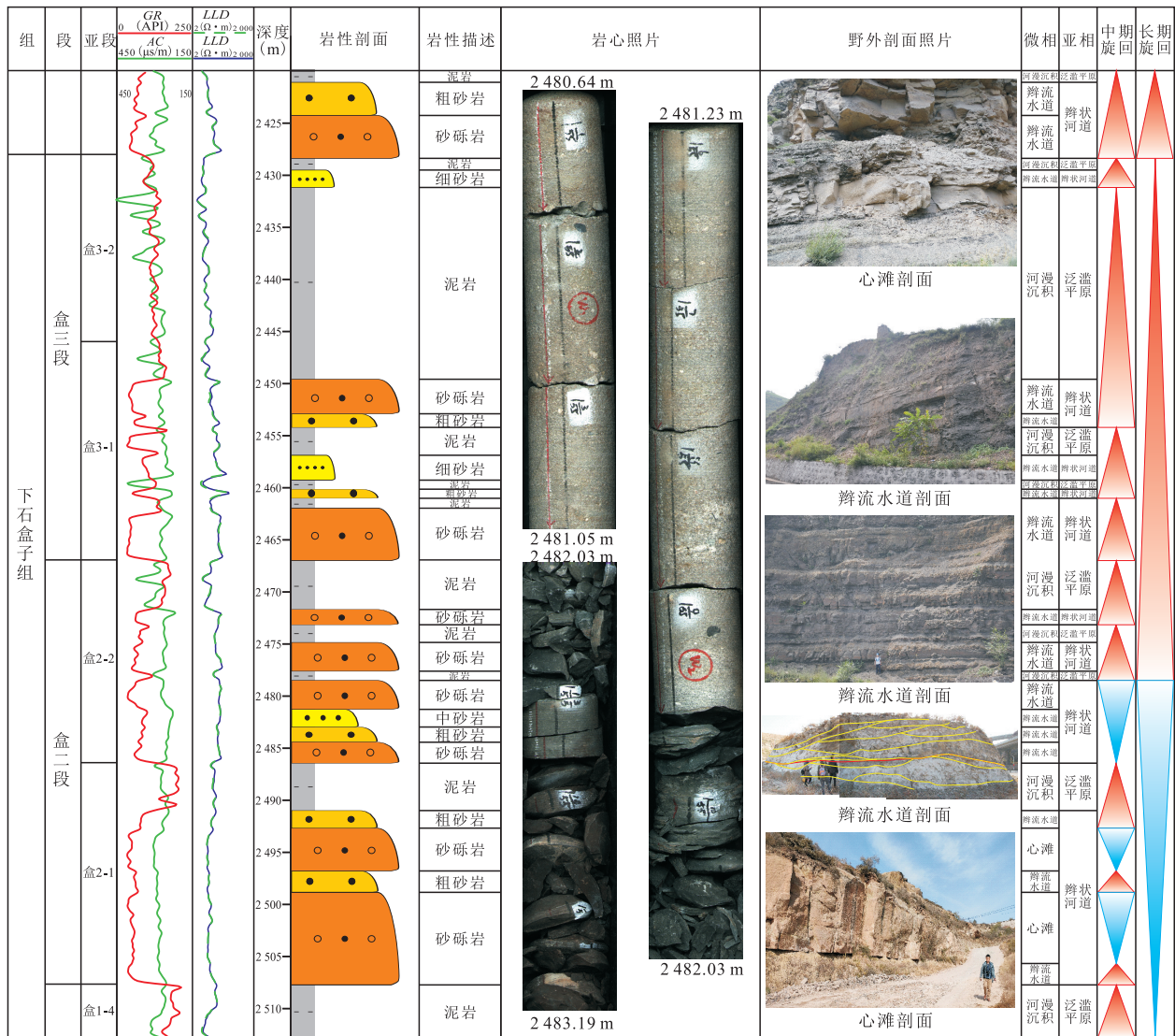


图5 什股壕气区下石盒子组盒2段J68井单井垂向沉积序列

Fig. 5 Vertical sedimentary sequence of Well-J68 in He-2 Member of Lower Shihezi Formation in Shiguohao gas area

包泥”特点。研究区盒2-2小层沉积期基准面上升,水动力较盒2-1小层沉积期减弱,测井曲线以箱形、钟形和指形为主,纵向上以单期辫流水道和心滩沉积为主,单砂体平均厚度7.6 m,河漫沉积较盒2-1小层沉积期更发育,总体表现为以砂质沉积为主、泥质沉积增多的特征。

研究区盒3-1小层沉积期基准面继续上升,水动力较盒2-2小层沉积期明显减弱,测井曲线以指形、钟形和低幅箱形为主,单河道砂体孤立式分布,单砂体平均厚度6.7 m,河漫沉积发育,呈“泥包砂”的特征(图6)。

2.4.2 沉积相平面展布

什股壕气区工区面积超过1 000 km²,但是井控程度低,针对盒2和盒3段的狭窄河道砂体,仅依靠钻井资料是不可能控制小层砂体展布的,所以必须井震结合,采用多种技术手段相结合来综合预测小层砂岩厚度^[20]。主要采用井震约束条件下,采用属性切片、波形指示反演及切片技术,以及在地震正演基础上的波形定性分析的方法,进行综合预测。

根据古地貌、地震属性、砂体空间分布规律,结合水平井资料、储层预测、测井相、现代沉积模式、砂

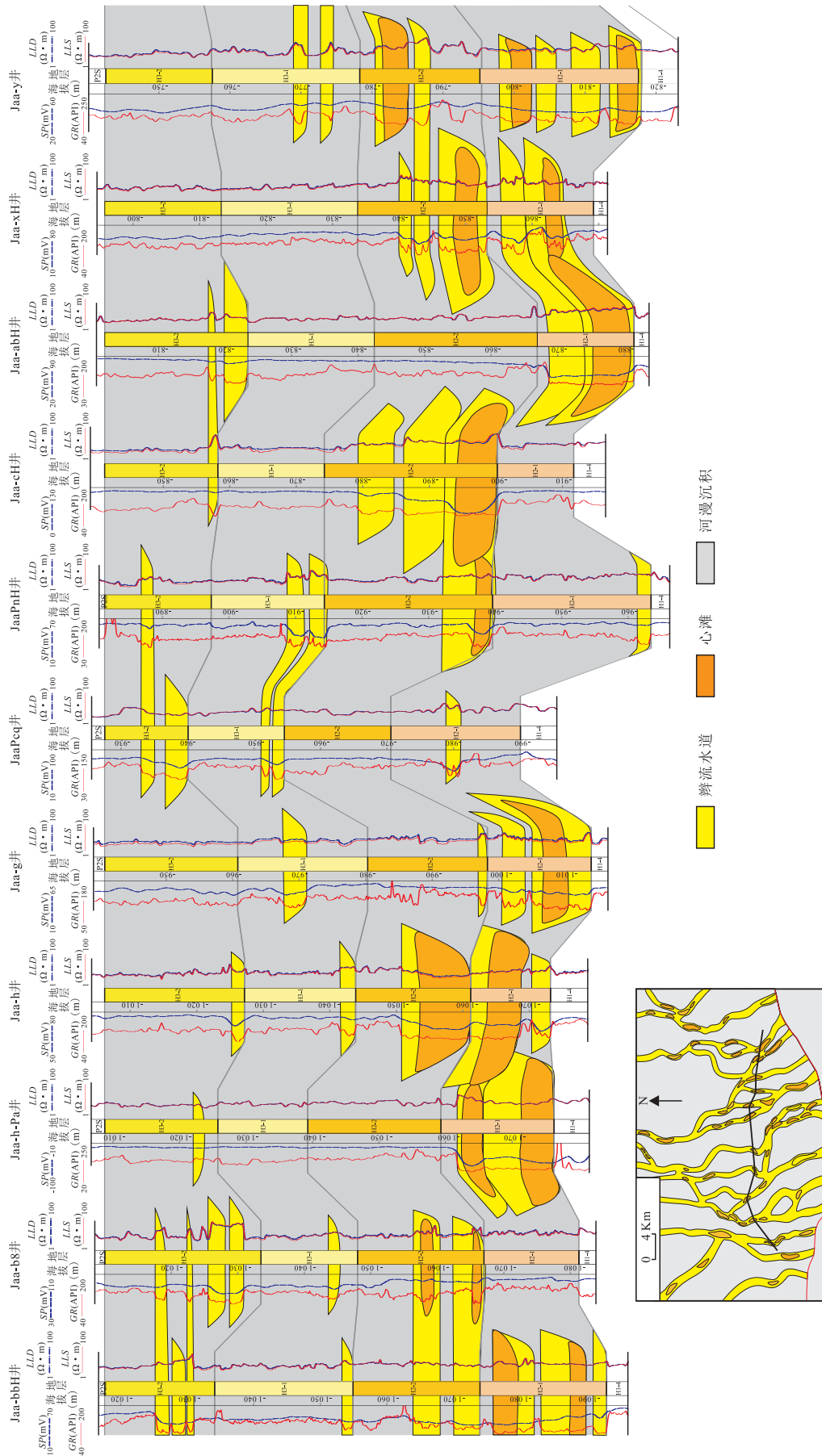


图6 什股壕气区横切河道方向沉积剖面
Fig. 6 Cross channel sedimentary profile in Shigu hao gas area

体叠加和分布模式等,勾画沉积相带。盒2+3段总体上表现为砂体呈近南北向条带状展布,西部地区为北西—南东向分布,砂体分布在低幅沟谷内。垂向上,随着基准面上升,可容纳空间减小,物源供给减小,水动力减弱,河道规模减小,侧向连续性降低。

通过地震属性特征及砂体空间分布规律明确各小层河道特征及规模:盒2-1小层沉积时期物源供给充足,水动力强,由于河道频繁的侧向迁移和改道,而形成较宽的辫状河砂体。单一辫流水道宽度为1.5~2.6 km,平面上呈北西—南东向展布,河道之间交叉连片沉积,砂体侧向拼接,横向连续性好。心滩发育规模大,位于河道中心部位(图7a)。盒2-2小层沉积时期发育辫状河沉积,但辫流水道规模和心滩规模较盒2-1小层减小,单一辫流水道宽度为1.1~1.9 km,平面上呈北西—南东向展布,河道之间交叉连片沉积,砂体侧向拼接,横向连续性较好(图7b)。随着基准面继续上升、物源供给减弱,盒3-1小层沉积时期该区辫状河规模和心滩规模明显减小,单一辫流水道宽度为1.0~1.5 km,平面上呈北西—南东向展布,河道之间交叉连片沉积,砂体侧向拼接(图7c)。

3 沉积微相物性特征

什股壕气区下石盒子组沉积相研究表明,沉积相以山前带窄辫状河沉积为主。其中盒2+3段主要为辫状河沉积,在普遍辫状河发育的基础上,可见不明显的二元结构,具有轻微的曲流化特点。沉积微相主要发育心滩、辫流水道和河漫沉积微相^[21]。

统计表明,心滩微相储层物性最好,其次为辫流水道微相,河漫沉积微相物性最差,为非储层(表2)。

4 沉积微相含气性

对研究区150多口直井含气砂体沉积微相统计表明,含气砂体主要为辫状河心滩砂体,辫流水道砂体及两者的组合砂体。从钻遇含气砂体的统计结果来看,心滩、辫流水道及其组合砂体在盒2+3段的样本个数分别达到49,15,62个,所占比例分别为39%、12%、49%(图8),说明辫流水道微相不是研究区内的主要含气微相,而与心滩沉积微相有关的砂体明显含气砂体数较多,是开发的主要目的砂体。原因是心滩砂体叠置发育,储层规模大,粒度较粗,岩性较纯,物性较好,而辫流水道碎屑颗粒分选差,物性差,且常与河道边部泥岩互层,储层连通性较差。

通过对沉积特征、砂体厚度、砂体含气性、天然气运移通道等分析认为研究区心滩及辫流水道沉积砂体在平面上复合连片,垂向上相互叠置,而且孔隙较为发育,具有形成大规模优质储集层的潜力。考

表2 什股壕气区下石盒子组不同沉积微相的物性统计
Table 2 Statistical table of physical properties of different sedimentary microfacies of Lower Shihezi Formation in Shiguohao gas area

沉积微相	盒2-1		盒2-2		盒3-1		盒2+3	
	孔隙度 (%)	渗透率 (10 ⁻³ μm ²)	孔隙度 (%)	渗透率 (10 ⁻³ μm ²)	孔隙度 (%)	渗透率 (10 ⁻³ μm ²)	孔隙度 (%)	渗透率 (10 ⁻³ μm ²)
辫流水道	7.75	3.32	5.69	5.01	7.81	5.18	7.08	4.50
心滩	11.87	4.36	10.37	4.78	11.83	5.29	11.36	4.81
河漫沉积	1.45	0.27	1.02	0.32	0.66	0.64	1.04	0.41

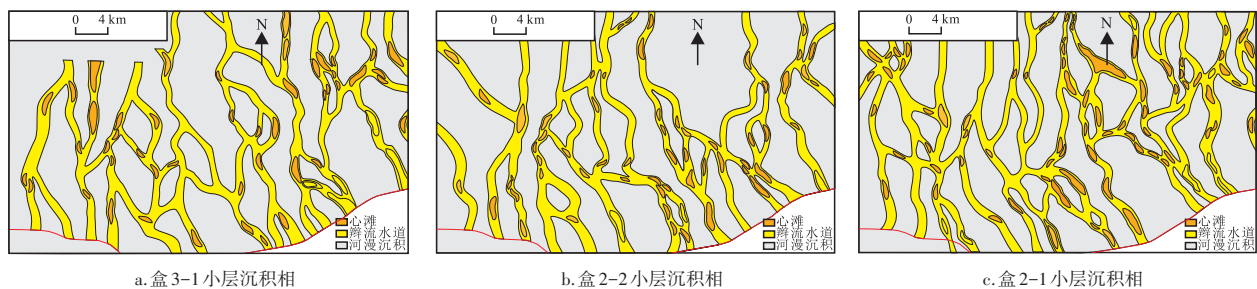


图7 什股壕气区盒2+3各小层沉积相

Fig. 7 Sedimentary facies of each small layer of He2+3 Member in Shiguohao gas area

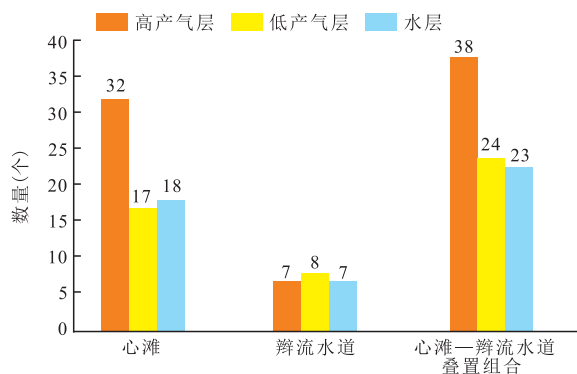


图8 什股壕气区沉积微相含气性样本统计

Fig. 8 Statistics of gas bearing samples of sedimentary microfacies in Shiguhao gas area

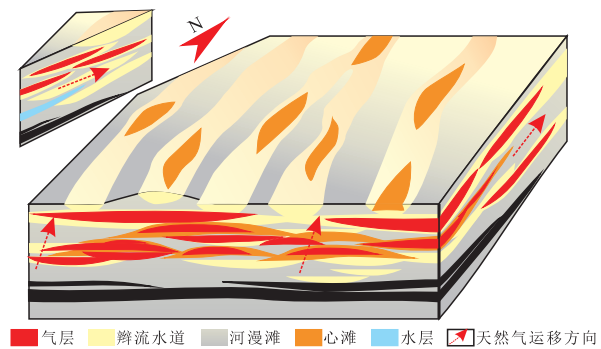


图9 不同沉积微相成藏富集模式

Fig. 9 Reservoir accumulation and enrichment modes of different sedimentary microfacies

虑生、储、盖、运等条件,认为勘探开发的重点应当放在这种发育大量河道砂体的部位(图9)。而上部巨厚的泥岩盖层以及伊陕斜坡的构造稳定性均有利于气藏的后期保存。上述几个成藏要素在空间和时间上的有效配置、共同作用,形成了现今盒2+3段气藏充注程度较高的格局。

5 结论

1) 下石盒子组沉积时古地貌背景相对平缓,尤其是盒2和盒3段沉积时期,整体上体现为北、西北和东北面高,南面低,隆凹相间的格局。

2) 盒2段和盒3段辫状河沉积相主要包括心滩、辫流水道、河漫沉积3种微相类型。

3) 沉积相及微相分布受古地貌控制,在古地貌隆起区主要发育辫流水道、河漫等微相,砂体较薄,平面上零星分布;而在古地貌沟槽内,河道砂体厚、砂体层数多,垂向叠加。

4) 心滩微相储层物性最好,其次为辫流水道微相,河漫沉积微相物性最差,为非储层。含气砂体主要为辫状河心滩砂体,或者心滩与辫流水道的组合砂体。

参考文献

- [1] 朱红涛,徐长贵,朱筱敏,等.陆相盆地源—汇系统要素耦合研究进展[J].地球科学,2017,42(11):1851-1870.
ZHU Hongtao, XU Changgui, ZHU Xiaomin, et al. Advances of the source-to-sink units and coupling model research in Continental Basin[J]. Earth Science, 2017, 42(11): 1851-1870.
- [2] 张占杨.鄂尔多斯盆地北缘下石盒子组盒1段心滩砂体定量刻画[J].天然气技术与经济,2021,15(4):6-12.

ZHANG Zhanyang. Quantitative characterization of channel bar sandbody in the Lower Shihezi 1 Member, northern margin of Ordos Basin[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2021, 15(4): 6-12.

- [3] 倪春华,朱建辉,刘光祥,等.鄂尔多斯盆地杭锦旗地区上古生界煤系烃源岩生烃潜力再评价[J].石油实验地质,2021,43(5):826-834.

NI Chunhua, ZHU Jianhui, LIU Guangxiang, et al. Re-evaluation of hydrocarbon generation potential of the Upper Paleozoic coal-measure source rocks in the Hangjinqi area of Ordos Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2021, 43(5): 826-834.

- [4] 陈彬涛,于兴河,王天奇,等.砂质辫状河岩相与构型特征——以山西大同盆地中侏罗统云冈组露头为例[J].石油与天然气地质,2015,36(1):111-117.

CHEN bintao, YU Xinghe, WANG Tianqi, et al. Lithofacies and architectural characteristics of sandy braided river deposits: A case from outcrops of the Middle Jurassic Yungang Formation in the Datong Basin, Shanxi Province[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(1): 111-117.

- [5] 高照普.杭锦旗锦58井区早石炭世古地貌特征对盒1段沉积作用的影响[J].石油化工应用,2018,37(9):80-83.

GAO Zhaopu. The influence of early Carboniferous paleogeomorphology on sedimentary characteristics of HE-1 member in the Hangjinqi J58 well area[J]. Petrochemical Industry Application, 2018, 37(9): 80-83.

- [6] 崔连可,单敬福,李浮萍,等.基于稀疏井网条件下的古辫状河道心滩砂体估算——以苏里格气田苏X区块为例[J].岩性油气藏,2018,30(1):155-164.

CUI Lianke, SHAN Jingfu, LI Fuping, et al. Estimating method of braided channel bar under sparse well net: A case from Su X block in Sulige Gas Field[J]. Lithologic Reservoirs, 2018, 30(1): 155-164.

- [7] 李磊,赵永刚,马超亚,等.砂质辫状河心滩及河道砂微相的识别特征与方法[J].特种油气藏,2020,27(2):63-69.

LI Lei, ZHAO Yonggang, MA Chaoyu, et al. Patterns and methods of sandy braided-river island and channel sand

- identification[J]. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2020, 27(2): 63-69.
- [8] 袁纯,张惠良,王波.大型辫状河三角洲砂体构型与储层特征——以库车坳陷北部阿合组为例[J]. *岩性油气藏*, 2020, 32(6):73-84.
YUAN Chun, ZHANG Huiliang, WANG Bo. Sand body configuration and reservoir characteristics of large braided river delta: A case study of Ahe Formation in northern Kuqa Depression, Tarim Basin[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2020, 32(6): 73-84.
- [9] 于兴河,李顺利,谭程鹏,等.粗粒沉积及其储层表征的发展历程与热点问题探讨[J]. *古地理学报*, 2018, 20(5):713-736.
YU Xinghe, LI Shunli, TAN Chengpeng, et al. Coarse-grained deposits and their reservoir characterizations: A look back to see forward and hot issues[J]. *Journal of Palaeogeography (Chinese Edition)*, 2018, 20(5): 713-736.
- [10] 张阳,蔡明俊,芦凤明,等.碎屑—牵引流控冲积扇储层构型特征及模式——以沧东凹陷小集油田为例[J]. *中国矿业大学学报*, 2019, 48(3):538-552.
ZHANG Yang, CAI Mingjun, LU Fengming, et al. Reservoir architecture characteristics and mode of middle and edge alluvial fan controlled by debris flow and traction flow: A case study of Xiaoji oilfield, Cangdong sag[J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 2019, 48(3): 538-552.
- [11] 马志欣,张吉,薛雯,等.一种辫状河心滩砂体构型解剖新方法[J]. *天然气工业*, 2018, 38(7):16-24.
MA Zhixin, ZHANG Ji, XUE Wen, et al. A new architecture characterization method for braided river channel bar sandbody [J]. *Natural Gas Industry*, 2018, 38(7): 16-24.
- [12] 张可,吴胜和,冯文杰,等.砂质辫状河心滩坝的发育演化过程探讨——沉积数值模拟与现代沉积分析启示[J]. *沉积学报*, 2018, 36(1):81-91.
ZHANG Ke, WU Shenghe, FENG Wenjie, et al. Discussion on evolution of bar in sandy braided river: Insights from sediment numerical simulation and modern bar[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2018, 36(1): 81-91.
- [13] 单敬福,张吉,王继平,等.苏里格气田西区盒8下亚段辫状河沉积论证与分析[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2015, 45(6):1597-1607.
SHAN Jingfu, ZHANG Ji, WANG Jiping, et al. Demonstration and analysis of braided river deposition in the Lower He8 Member in western Sulige Gas Field[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2015, 45(6): 1597-1607.
- [14] 温立峰,吴胜和,岳大力.粗粒辫状河心滩内部泥质夹层分布新模式——以吴官屯野外露头为例[J]. *石油地质与工程*, 2016, 30(4):5-7.
WEN Lifeng, WU Shenghe, YUE Dali. New distribution model of argillaceous intercalation in coarse braided river center beach: Taking Wuguantun field outcrop as an example[J]. *Petroleum Geology and Engineering*, 2016, 30(4): 5-7.
- [15] 牛博,高兴军,赵应成,等.古辫状河心滩坝内部构型表征与建模——以大庆油田萨中密井网区为例[J]. *石油学报*, 2015, 36(1):89-100.
NIU Bo, GAO XinJun, ZHAO Yingcheng, et al. Architecture characterization and modeling of channel bar in paleo-braided river: A case study of dense well pattern area of Sazhong in Daqing oilfield[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2015, 36(1): 89-100.
- [16] 何君毅,蔡忠贤,张恒,等.塔中隆起顺西地区良里塔格组沉积相类型及其展布特征[J]. *地质科技情报*, 2018, 37(2): 24-34.
HE Junyi, CAI Zhongxian, ZHANG Heng, et al. Sedimentary facies and distribution characteristics of Lianglitage Formation in Shunxi area of Tazhong uplift[J]. *Bulletin of Geological Science and Technology*, 2018, 37(2): 24-34.
- [17] 李柱正,李开建,李波,等.辫状河砂岩储层内部结构解剖方法及其应用——以鄂尔多斯盆地苏里格气田为例[J]. *天然气工业*, 2020, 40(4):30-39.
LI Zhuzheng, LI Kaijian, LI Bo, et al. An internal structure anatomy method for braided-river sandstone reservoirs and its application in the Sulige Gas Field of the Ordos Basin[J]. *Natural Gas Industry*, 2020, 40(4): 30-39.
- [18] 孙天建,穆龙新,赵国良.砂质辫状河储集层隔夹层类型及其表征方法——以苏丹穆格莱特盆地 Hegli 油田为例[J]. *石油勘探与开发*, 2014, 41(1):112-120.
SUN Tianjian, MU Longxin, ZHAO Guoliang. Classification and characterization of barrier-intercalation in sandy braided river reservoirs: Taking Hegli Oilfield of Muglad Basin in Sudan as an example[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2014, 41(1): 112-120.
- [19] 张荣虎,王俊鹏,马玉杰,等.塔里木盆地库车坳陷深层沉积微相古地貌及其对天然气富集的控制[J]. *天然气地球科学*, 2015, 26(4):667-678.
ZHANG Ronghu, WANG Junpeng, MA Yujie, et al. The sedimentary microfacies, palaeogeomorphology and their controls on gas accumulation of deep-buried cretaceous in Kuqa Depression, Tarim Basin, China[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2015, 26(4): 667-678.
- [20] 孙诗,王峰,陈洪德,等.鄂尔多斯盆地天生桥剖面盒8下段辫状河沉积特征[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2019, 46(1):29-40.
SUN Shi, WANG Feng, CHEN Hongde, et al. Depositional characteristics of braided river in the lower member of He-8 in the Fugu Tianshengqiao section, Ordos Basin, China[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2019, 46(1): 29-40.
- [21] 杨博,王树慧,王文胜,等.苏里格地区上古生界辫状河心滩定量表征影响因素探讨[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2019, 49(6):941-950.
YANG Bo, WANG Shuhui, WANG Wensheng, et al. Influencing factors of quantitative characterization of the Upper Paleozoic braided river channel bar in the Sulige Area[J]. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 2019, 49(6): 941-950.