



基于灰色理论指导的储层构型半定量表征及优质储层预测——AH3

姜雪, 熊志武

Semi-quantitative study on reservoir configuration in grey theory—A case study of H3 sand unit of Huagang Formation in A Structure, Xihu Sag

JIANG Xue and XIONG Zhiwu

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16562/j.cnki.0256-1492.2022022301>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

西湖凹陷Y构造花港组气藏特征及成藏主控因素

Characteristics of gas reservoir and controlling factors for gas accumulation in the Huagang Formation in Y Structure, Xihu Sag
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(6): 174

南黄海崂山隆起二叠系砂岩储层特征及其油气勘探前景

Characteristics and hydrocarbon prospects of the Permian sandstone reservoirs of the Laoshan Uplift, South Yellow Sea
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(5): 181

海洋天然气水合物储层特性及其资源量评价方法

Characteristics of marine gas hydrate reservoir and its resource evaluation methods
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(5): 44

海洋天然气水合物储层蠕变行为的主控因素与研究展望

Controlling factors and research prospect on creeping behaviors of marine natural gas hydrate-bearing-strata
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(5): 3

南薇西含油气盆地地层层序及生储盖组合特征

Characteristics of stratigraphic sequence and the source-reservoir-cap assemblages in the Nanweixi petroliferous basin
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(6): 163

中国海域基岩油气藏特征及未来勘探方向

Characteristics of the recently bedrock hydrocarbon reservoir in China Seas and future exploration directions
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(6): 151



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

姜雪,熊志武.基于灰色理论指导的储层构型半定量表征及优质储层预测——以西湖凹陷 A 构造花港组 H3 砂层组为例[J].海洋地质与第四纪地质,2022,42(6):162-172.

JIANG Xue, XIONG Zhiwu. Semi-quantitative study on reservoir configuration in grey theory—A case study of H3 sand unit of Huangang Formation in A Structure, Xihu Sag[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2022, 42(6): 162-172.

基于灰色理论指导的储层构型半定量表征及优质储层预测——以西湖凹陷 A 构造花港组 H3 砂层组为例

姜雪,熊志武

中海石油(中国)有限公司上海分公司,上海 200335

摘要: A 构造位于西湖凹陷中北部,花港组 H3 砂层组为主力目的层,其储层横向分布相对稳定,但储层砂体厚度大,非均质性较强,骨架河道的雕刻不清制约了优质储层的预测。利用灰色理论,定量计算西湖凹陷 A 构造花港组隔夹层综合评价指标 IRE,识别厚层砂岩中的隔夹层类型,划分河道期次,识别骨架河道。此外,计算河道宽厚比和砂地比,半定量表征河道连通性及展布特征,预测优质储层发育区。结果表明,西湖凹陷 A 构造花港组发育两种类型隔夹层:落淤层夹层和泥岩层隔层,其中落淤层 IRE 值为 24~45,泥岩层 IRE 值为 51~110,在 H3 砂层组识别出 3 大套共 10 期单河道砂体。工区单河道宽厚比为 38.87,折算出各期河道展布范围为 1.1~2.3 km,河道砂体几乎都呈叠拼式展布。在 seismic 复合微相指导下,对花港组早期河道进行识别和追踪,结合沉积微相、粗粒相带及成岩相分布特征,认为 A 构造南部有利储层更为发育。

关键词: 灰色理论;隔夹层;储层构型;优质储层

中图分类号:P744

文献标识码:A

DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2022022301

Semi-quantitative study on reservoir configuration in grey theory—A case study of H3 sand unit of Huangang Formation in A Structure, Xihu Sag

JIANG Xue, XIONG Zhiwu

CNOOC China Ltd., Shanghai 200335, China

Abstract: Using grey theory, we calculated quantitatively the comprehensive evaluation index IRE of the interlayer in Huangang Formation (Fm) of the A Structure in the Xihu Sag, China Sea, from which the type of interlayer in thick-bedded sandstone was identified and the channel period was divided. Combing logging data and lithofacies associations, we clarified the strength of hydrodynamic force, divided the reservoir types, and then defined influencing factors of high-quality reservoir development. In addition, based on single channel identification and classification, the average thickness of single interlaced strata was determined, and the river width-thickness ratio and sand-soil ratio were calculated to semi-quantitatively characterize the river connectivity and distribution characteristics. Based on the influencing factors and channel distribution characteristics of high-quality reservoirs, the development area of high-quality reservoirs was predicted. Results show that there are two types of interlayers in Huangang Fm of the A Structure, namely, desilting stratum and mudstone interlayer. The desilting stratum with low IRE was 24~45, and that of the mudstone layer was 51~110, much greater, thus the three sets of single channel sand bodies in 10 stages were identified in the H3 sand unit of Huangang Fm. The width-thickness ratio of single channel in the work area was 38.87, and the range of channel distribution in each period was calculated to be 1.1~2.3 km. The channel sand bodies are almost overlapped. Under the guidance of seismic composite microfacies, the early channel of Huangang Fm was identified and tracked. Combined with the distribution characteristics of sedimentary microfacies, coarse-grained facies zoning, and diagenesis development, we considered that the favorable reservoirs are more developed in the south area of the A Structure.

Key words: grey theory; interlayer; reservoir configuration; high quality reservoirs

资助项目:“十三五”国家重大专项“东海深层大型气田勘探评价技术”(2016ZX05027-002),“西湖凹陷西部地区勘探开发关键技术研究”(CNOOC-KJ135ZDXM39SH01)

作者简介:姜雪(1988—),女,硕士,从事沉积储层研究,E-mail:jiangxue3@cnooc.com.cn

收稿日期:2022-02-23;改回日期:2022-05-23。周立君编辑

厚层辫状河道储集层内部发育多种类型隔夹层,各隔夹层形态和规模相差大,而隔夹层展布的定量研究对厚层砂岩中骨架河道刻画和河道期次划分意义重大。近年来,国内外学者多侧重于露头 and 现代沉积的河流相储层构型研究,对地下储层构型的研究多集中于曲流河储层,有关辫状河道储层的定量表征研究较少^[1-5]。

西湖凹陷 A 构造其花港组主力目的层 H3 砂层组发育厚层辫状河道砂岩,渗透率多为 $(0.1 \sim 10) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储层质量较差,为低渗—特低渗储层。多口井取心资料证实,物性整体随着埋深的加大而变差,横向及纵向非均质性强,因此,寻找优质储层发育区是产能释放、储量升级的攻关方向。

前人定性评价认为强水动力、稳定、低摆动条件下的骨架河道砂体为优质储层发育区,但骨架河道的期次、连通性及其展布范围尚需进一步研究。因此,本文引入灰色理论进行半定量研究,通过隔夹层的识别,半定量划分河道砂体期次,再利用与工区构造、沉积背景相似地区的经验公式,计算单河道宽厚比和砂地比,明确河道连通性及展布范围,为下一步勘探开发指明方向^[6-9]。

1 地质概况

西湖凹陷位于东海陆架盆地东北部,是隶属于东海陆架盆地的次级构造单元,呈 NNE 向展布,东临钓鱼岛隆褶带,西临海礁隆起,北部为虎皮礁隆起。自西向东可划分出西斜坡、中央反转构造带以及东部断阶带^[10-13](图 1)。西湖凹陷新生代经历基隆运动、瓯江运动、玉泉运动、龙井运动和冲绳海槽运动,将新生代自下而上分为断陷期、拗陷期和区域沉降期 3 大构造演化阶段,发育始新统平湖组、渐新统花港组、中新统龙井组、玉泉组、柳浪组、上新统三潭组与更新统东海群等地层,其中本次研究的主要目的层位为渐新统花港组^[13-17](表 1)。花港组自下而上发育 H12—H1 砂层组,A 构造气层分布在花港组 H3—H9,H3 为主力目的层。西湖凹陷花港组为东缘受强挤压的大型拗陷盆地充填沉积,并经历两期从拗陷冲积平原—大型轴向河流体系—湖泊三角洲体系—浅水湖泊充填演化过程。花港组下段为强拗陷次幕充填沉积,具“北高南低、北窄南宽、三源三汇多通道”的古构造地貌格局;花

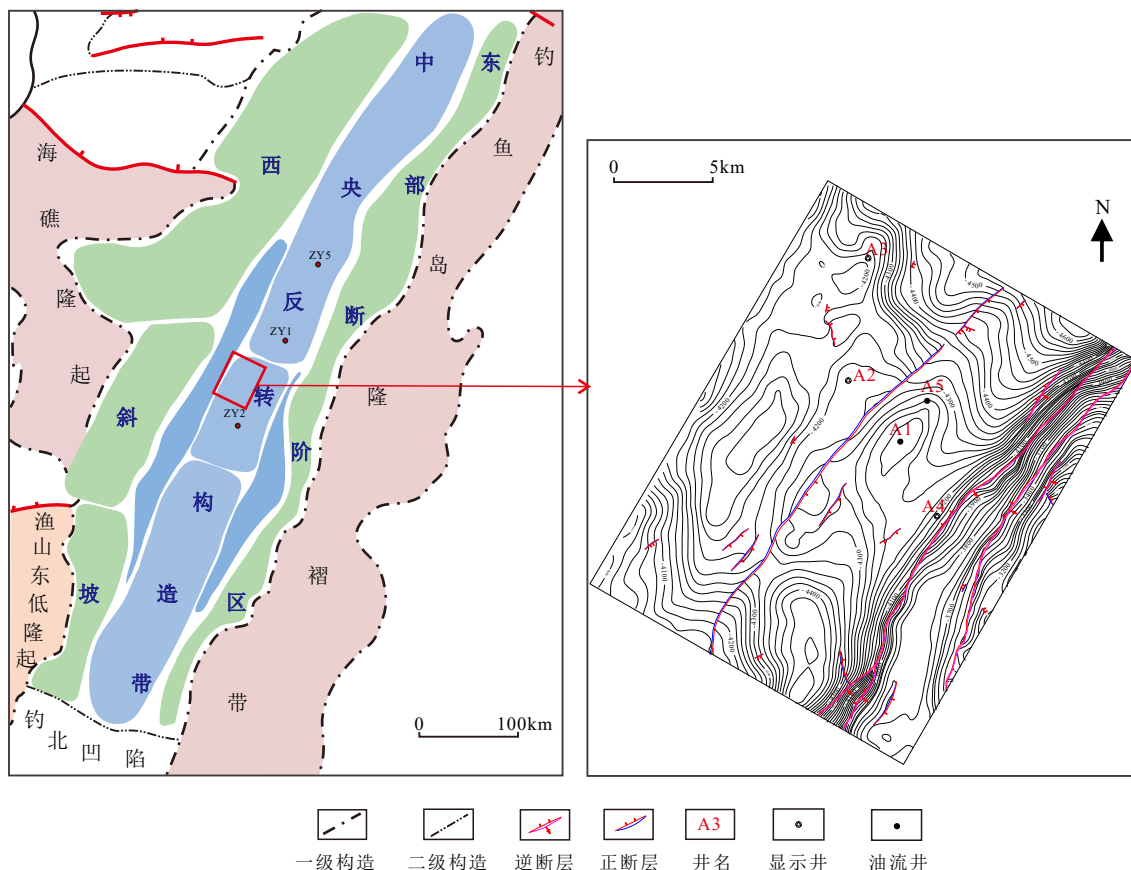


图 1 西湖凹陷构造带位置及钻探井位

Fig.1 Regional tectonic pattern of the Xihu Sag

表1 西湖凹陷地层简表
Table 1 Stratigraphic column of the Xihu Sag

地层系统				年代/Ma	构造运动	演化阶段
系	统	组	段			
第四系	更新统	东海群Q _{dh}		2.6	冲绳海槽运动	整体沉降
新近系	上新统	三潭组N ₂ s		5.3	龙井运动	
		柳浪组N ₁ ll		13		
	中新统	玉泉组N ₁ y		16.5		
		龙井组N ₁ l		23.3		
古近系	渐新统	花港组E ₃ h	上	23.3	花港运动	拗陷—反转期
			下	32	玉泉运动	
	始新统	平湖组E ₂ p	一	43	平湖运动	
			二			
			三			
	古新统	宝石组E ₂ b	四	56.5	甌江运动	
五						
白垩系	上白垩统			65	雁荡运动	断陷期
				96	基隆运动	

港组上段为裂后挤压I幕弱拗陷次幕充填沉积,该阶段继承了花下段沉积时的古构造地貌格局,但其沉积沉降中心逐渐移向拗陷中部,H5—H3砂组为低容纳空间背景下的多源汇聚大型轴向河道体系沉积;H2—H1砂组充填时为高容纳空间背景下的湖泊体系、湖泊三角洲体系沉积。

2 隔夹层识别与划分

隔夹层是沉积过程中河流水动力条件变化或沉积后成岩作用导致沉积物岩性差异而形成的,隔夹层与不同级次的构型界面相对应。一类是基准面下降晚期或上升早期,可容纳空间增量小于沉积物供给量,多见于岩性突变面,如各级冲刷面等;界面之上多发育大套泥岩隔层,测井曲线多位于基线附近,呈线形或微齿线形。另一类是基准面持续上升期,此时沉积物供给量小于可容纳空间增量,物源供给不足,沉积物以粉砂岩、泥岩等细粒为主,易形成落淤层夹层、钙质夹层等,测井曲线呈现小幅回返,自然伽马异常幅度小于1/3,电阻、声波曲线异常幅度1/3~2/3^[18-19]。

西湖凹陷A构造已钻井揭示该区花港组砂层厚度大,录井资料显示H3砂层厚度可达100余米,岩性为多种粒径砂岩,稳定泥岩不发育,仅利用单一测井曲线难以准确识别隔夹层类型,严重制约了

单砂体和单河道的划分,故而本文引入灰色理论,选取对泥岩敏感的GR、RT与DEN曲线值,计算各曲线的权重指数,从而拟合出表征隔夹层类型的综合评价指标IRE,同时可以看出IRE值与泥质含量有较好的对应关系(图2);通过对比取心段IRE值与隔夹层对应关系,确定工区隔夹层定量划分标准,进而得出全井段的隔夹层分布特征^[20-21]。

以A1井为例,通过计算可知,选取的三条曲线GR、RT、DEN权重指数分别为0.46、0.36和0.18,将原曲线值与权重指数分别相乘再求和,即可得到该井区指示隔夹层类型的综合评价指标IRE值。结合录井资料可知,H3顶部厚层泥岩隔层测井曲线回返幅度小,位于泥岩基线附近,且IRE值明显偏高,为51~110;中间砂砾岩发育段揭示落淤层夹层测井曲线回返显著,IRE值偏低,为24~45。对照IRE值,H3砂层组100余米的厚砂岩可识别出3大套共10期河道砂体。其中渗透率在 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以上的优质储层主要发育在H3b正旋回的中下部,其IRE值低,多为25~30,指示隔夹层均为落淤层,处在滞留沉积发育的上覆砂体之中,是在多次洪泛事件不断向下游移动过程中垂向加积而成的正向地貌,主要是一套以粗粒沉积为主的沉积物,岩相组合为强水动力条件下的大量含砾砂岩—中粗砂岩—中砂岩,其渗透率往往较高,可以达到 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以上,判断为I类储层。H3c IRE值略高,集中在36~45,泥岩夹层逐渐增加,水动力条件减弱,岩相组合表现为少量砂质砾岩—少量块状层理中粗砂岩—大量块状及平行层理细砂岩,渗透率大于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的储层也相对减少,判断为II类储层。而H3a IRE更高,隔夹层多泥岩层,多为洪水退却期水流波动在心滩顶部沉积物质;或者为局部动荡洪水期淹没心滩,形成类似于天然堤的沉积。由于水动力环境较弱,其沉积物粒度较细,代表弱水动力的细粒

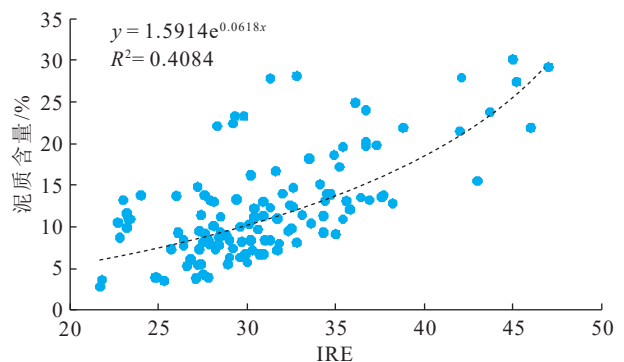


图2 IRE与泥质含量关系
Fig.2 Diagram of IRE vs mud content

砂岩增多,物性更差,渗透率往往较低,多小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为 II2 类储层(图 3,表 2)

利用灰色理论对 A 构造其他各井进行划分与识别,并在储层隔夹层类型、厚度和频率认识的基础上,对隔夹层在剖面上的分布展开进一步的研究。在 H3 沉积早期,3 口井隔夹层均发育较少;进入 H3 沉积中期,A5 井和 A4 井隔夹层开始增多,其中 A5 井发育薄厚不等的隔夹层,A4 井则发育厚层隔夹层;H3 沉积晚期,各井的隔夹层开始丰富发育起来。但是各井间差异也尤为凸显,其中 A5 井的隔夹层发育频繁,纵向上反复切割砂体,且发育厚度较薄,使得储层的非均质性进一步加剧;A4 井则发育大套厚层的隔层,储层基本不发育(表 3、图 4)。

3 单河道展布规模确定

在单河道砂体识别划分的基础上,从井资料上读出各单河道的厚度,如果能得到工区河道宽厚比,就能进一步计算出单河道的展布范围。通过调研,本文建立了一套通过计算单河道满岸深度,定量刻画单河道展布规模的经验公式^[22-24]。

首先通过岩心资料,统计出工区 H3 交错层组的平均厚度 h_1 为 0.6 m,从而利用公式(1)、(2)计算出沙丘高度 h_2 为 1.76 m,再利用公式(3)得出单河道满岸深度 h_3 为 18.7 m,通过单河道满岸深度 h_3 与单河道宽度 w_b 的关系式(4),得到单河道宽度 w_b 为 726.8 m,最后得到工区宽厚比 A 为 38.87,而

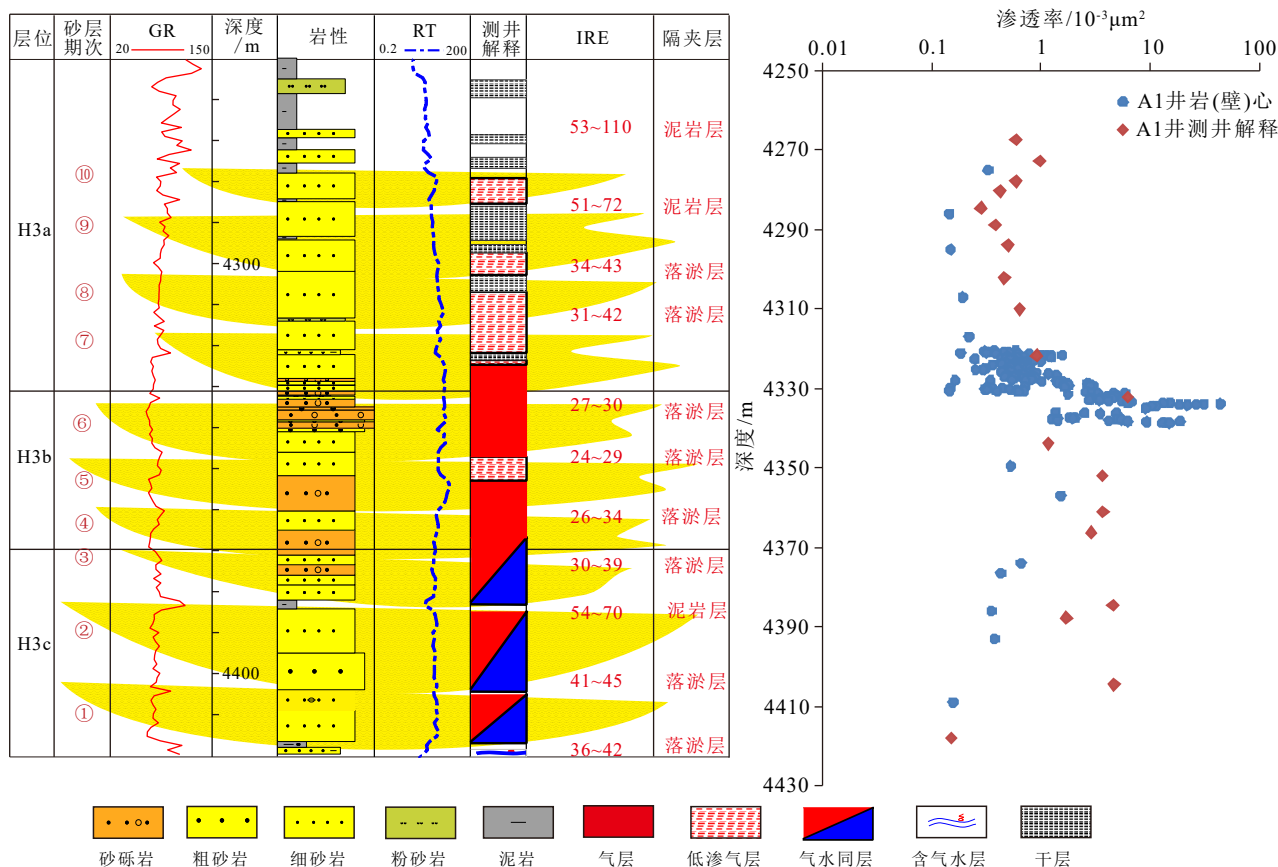


图 3 A1 井隔夹层识别与划分

Fig.3 Identification and division of barrier and interlayer in Well A1

表 2 IRE 与储层类型定量关系

Table 2 Quantitative relationship between IRE and reservoir type

隔夹层类型	IRE	岩相组合	水动力强弱	渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	储层类型
落淤层	24~37	块状含砾砂岩-中粗砂岩-块状中砂岩	高能水道	0.3~79 (均值 21)	I类
落淤层	35~45	少量砂质砾岩-少量块状中粗砂岩-大量块状细砂+平行细砂	低能水道	0.5~8 (均值 1.2)	III类
泥岩层	51~110	平行中细砂岩-粉细砂	低能水道	0~1 (均值 0.4)	II2类

表3 A构造H3 IRE值与隔夹层类型划分
Table 3 The IRE value of A Structure and the corresponding interlayer type

砂层期次		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1井	IRE	36~42	41~45	54~70	30~39	26~34	24~29	27~30	31~42	34~43	51~72
	隔夹层类型	落淤层	落淤层	泥岩层	落淤层	落淤层	落淤层	泥岩层	落淤层	落淤层	泥岩层
A2井	IRE	37~46	30~33	44~70	24~29	27~30	41~60	31~42	34~53	41~52	43~104
	隔夹层类型	落淤层	落淤层	泥岩层	落淤层	落淤层	泥岩层	落淤层	泥岩层	泥岩层	泥岩层
A4井	IRE	43~49	47~53	42~82	42~47	31~42	45~77	41~76	53~67		
	隔夹层类型	泥岩层	泥岩层	泥岩层	落淤层	落淤层	泥岩层	泥岩层	泥岩层		
A5井	IRE	43~50	36~55	37~45	38~47	39~43	43~50	42~71	52~60	47~56	43~92
	隔夹层类型	落淤层	落淤层	泥岩层	落淤层	落淤层	落淤层	泥岩层	落淤层	泥岩层	泥岩层

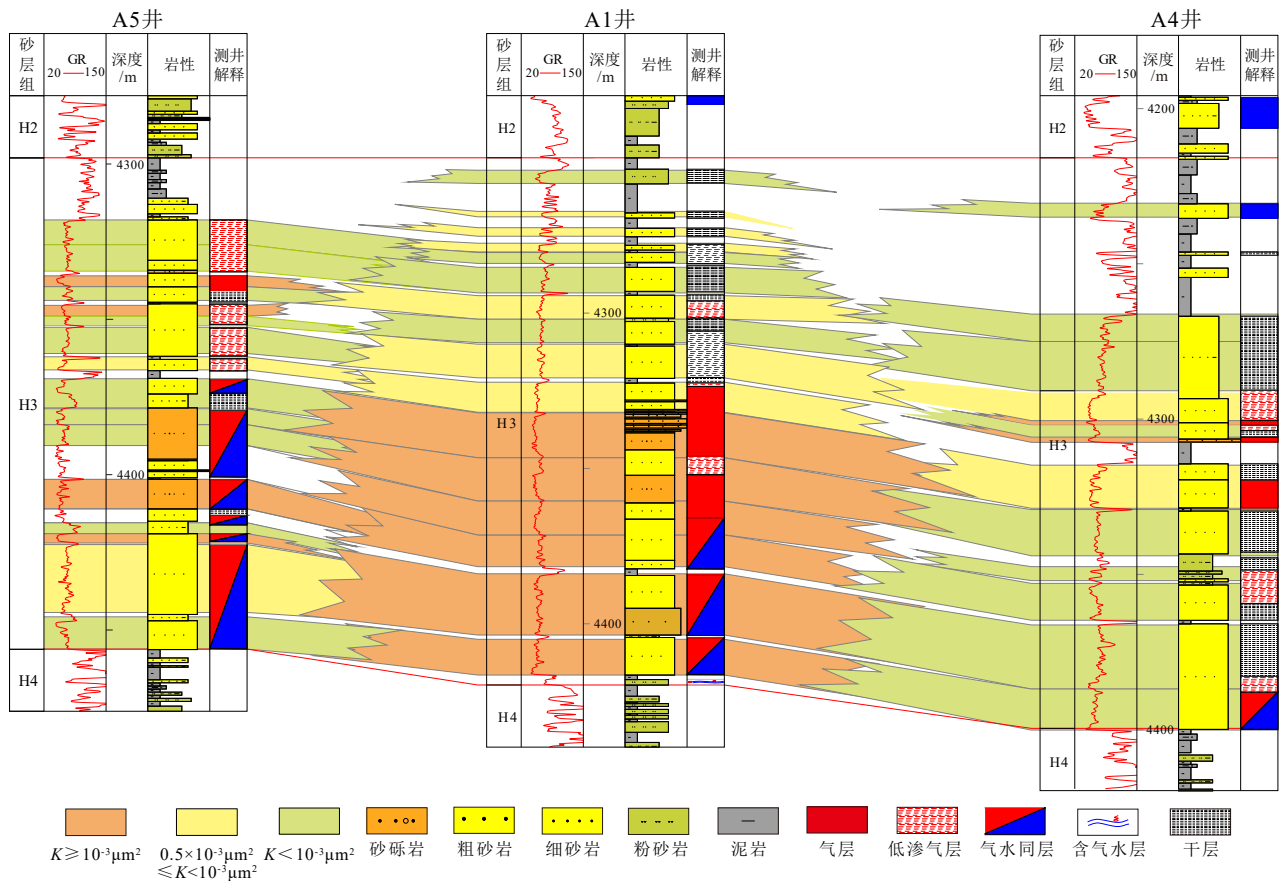


图4 A构造H3储层物性分布连井剖面
Fig.4 The crosswell profile of H3 reservoir physical distribution in the A Structure

该宽厚比与井上读出的各单河道砂体厚度的乘积即为各期河道横向展布范围。通过计算可知，A1井区单河道展布范围为1.1~2.3 km，符合辫状河三角洲河道宽度一般为1~3 km的经验数值。

$$\beta = h_1 / 1.8 \quad (1)$$

$$h_2 = 5.3\beta + 0.001\beta \quad (2)$$

$$h_3 = 11.6h_2^{0.84} \quad (0.1 \text{ m} < h_3 < 100 \text{ m}) \quad (3)$$

$$w_b = 11.413 \times h_3^{1.4182} \quad (4)$$

$$A = w_b / h_3 \quad (5)$$

4 单河道砂体平面展布特征刻画

根据野外露头研究，辫状河三角洲单河道砂体常叠置出现，并能进一步划分为叠拼式、侧拼式和孤立式3大类。各单砂体垂向厚度和砂地比与砂

体横向连通性呈现正相关关系,垂向上的砂岩含量大致等于平面上单河道的密度,等于横向上砂体连通的概率,能够反映平面上单河道砂体连通的概率;单砂体垂向厚度越大,砂地比越高,单河道密度越高,横向连通概率越大^[25-26]。

单河道砂体厚度大于 10 m,砂地比大于 80% 时,GR 曲线多表现为箱型,齿化程度低,单砂体连通性好,以叠拼式为主。单河道砂体厚度为 5~10 m,砂地比多为 50%~80%,GR 曲线以钟型-齿化箱型为主,砂体连通性变差,多呈侧拼式出现。单河道砂体厚度小于 5 m,砂地比小于 50% 时,砂体连通性更差,多为孤立砂体出现。通过统计西湖凹陷 A 构造砂体厚度和砂地比可知, A 构造花港组 H3 砂层组单砂体厚度均大于 10 m,最大可达 25 m,多集中在 15 m,砂地比均大于 85%,所以认为该区砂体以叠拼式为主。

在单井类比的基础上,我们基于“旋回对比、分级控制、厚度约束”的原则,对井间也进行了类比。以同一油气藏系统的 A1 井和 A5 井为例, A1 井和 A5 井岩性组合自下而上共识别出 10 期砂体,这 10 期砂体表现出细—粗—细的特征,粗粒相带主要集中于 4—6 期砂体发育,反映河道早期稳定,晚期摆动的特征;测井相多表现为箱型, A5 井齿化程度强,局部可见漏斗型;从地震相来看,两口井早期同

相轴变化弱,中晚期同相轴向 A5 井逐渐发散。结合岩心相、测井相和地震相认为, A1 井与 A5 井间距 3.17 km,属同一复河道带之内,但处于不同的部位, A1 井更靠近河道的中心部位, A5 井处于河道侧缘。而两口井砂地比约 84%,自下而上单砂体厚度逐渐减薄,延伸宽度逐渐减小,所以推测砂体为拼叠型展布,且平面上同一套砂体连通性逐渐变差(图 5)。

从 A1、A2、A4 井来看,依然可以划分出 10 期砂体,与 A1 井相比, A2 井 GR 值更低,晚期粗粒更为发育,地震相变化规律相似,优质储层占比略高,由于不属同一油气藏系统,认为 A2 井处于另一条分流河道的中心部位; A1 井与 A4 井相比, A4 井晚期河道不发育且自然伽马齿化程度增高,且不属于同一油气藏系统,因此认为 A4 井处于另一条分流河道的侧缘(图 6)。

5 优质储层预测

优质储层的形成和发育受到两个方面因素的制约,其中沉积作用起决定性作用,构造和成岩作用是对沉积物改造的作用,一定程度上受沉积作用制约。综合构造、沉积与成岩作用等多方面的研究,认为在沉积卸载区内,高砂地比发育区,稳定、低摆动、强水动力条件、低泥质含量条件下的粗粒

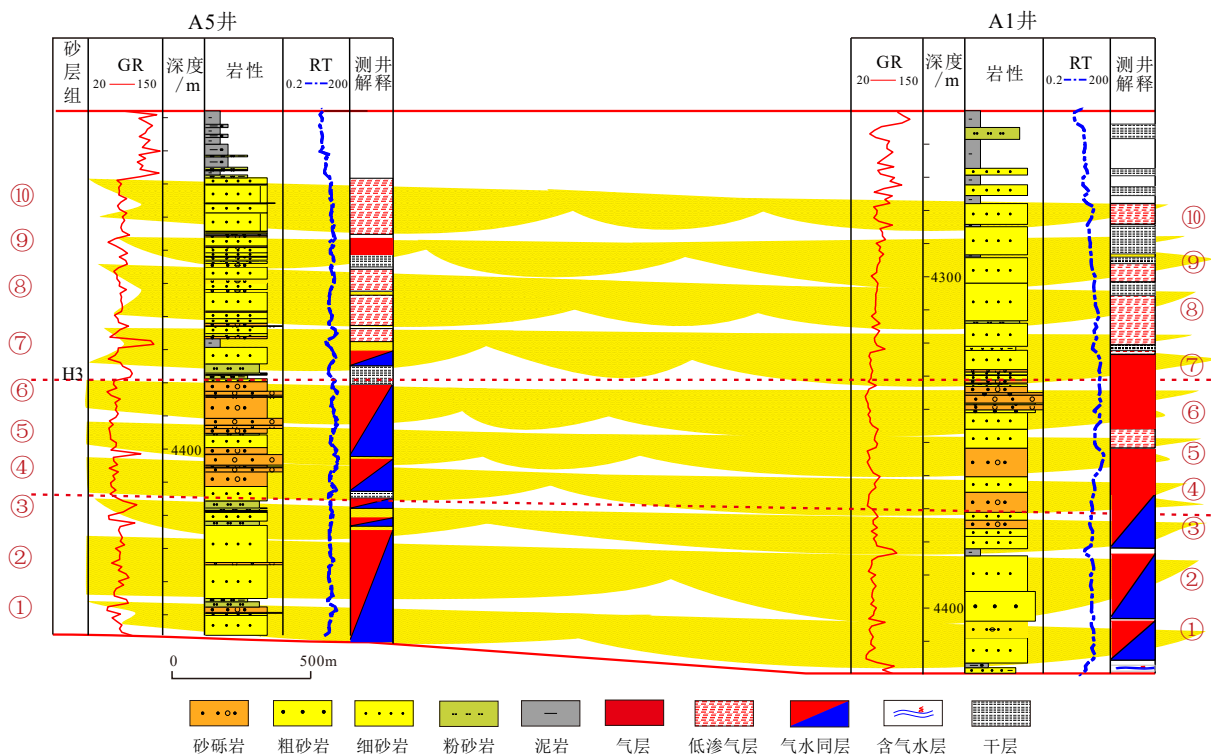


图 5 A5 井与 A1 井砂体精细对比

Fig.5 Detailed comparison of sand bodies between well A5 and A1

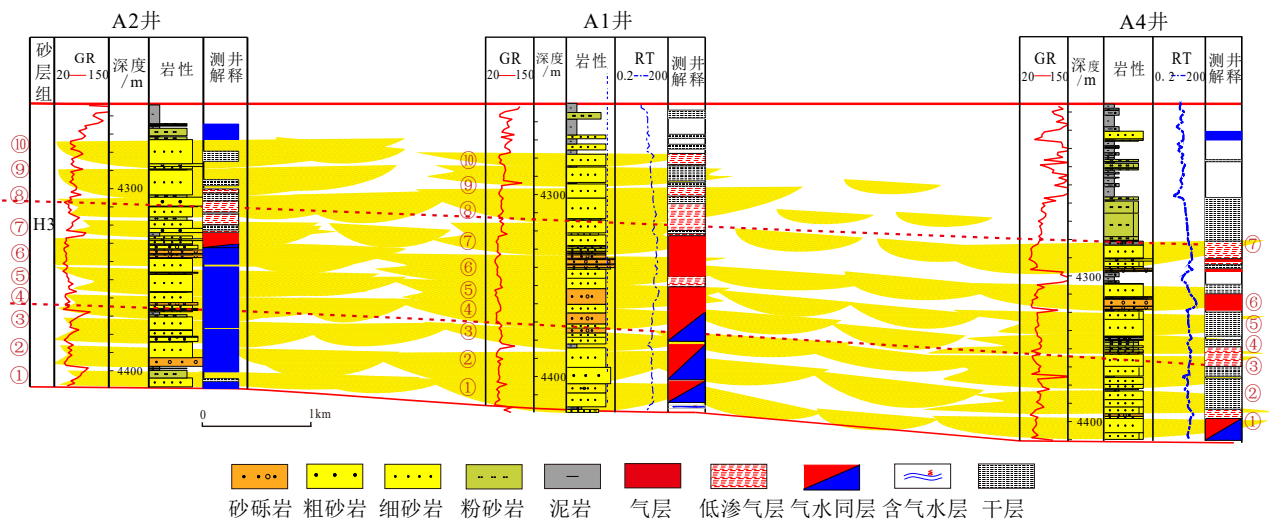


图 6 A2 井—A1 井—A4 井砂体精细对比

Fig.6 Fine comparison of sand bodies among wells A2-A1-A4

相带,后期易于受溶蚀改造的分流河道砂岩控制优质储层的发育。结合常规地震复合微相、瞬时地层切片、沉积微相及强溶蚀区分布,对优质储层发育的优势相带展开预测。

A 构造 H3 古地貌呈现北高南低的趋势,使得南块成为有利的汇水聚砂地区(图 7a)。地震相显示,在 A 构造南块同相轴数量增加,前积特征显著(图 7b、c),发育多期顶平底凸下切河道,多期河道呈纵向叠置横向交切发育(图 7d)。因此,认为南块所处的沉积卸载区控制古水流向南在地势低洼区内汇聚,使得多期厚层辫状化分流河道的主体砂岩储层在该块发育,这一背景同样有利于高砂地比区在南块发育。

在 H3 沉积时期,西湖凹陷 A 构造主要受西部侧向和轴向物源影响,其中 A1 井与 A5 井处于同一条分流河道带之内,但分处不同部位,A1 井区位于分流河道带多期叠置的中心部位,而 A5 井区则位于分流河道带侧缘部位,且分流河道由北向南有变好的趋势;A4 井位于另一条分流河道之内,且受到轴向物源和侧向挤压应力影响,优质储层不发育(图 8a)。

结合优质储层主控因素,粗粒相带是控制优质储层发育的关键,经过梳理发现砂地比与粗粒相带发育呈正相关。因此借助反演数据体,对平面砂地比进行预测,结合前期分流河道带的展布规模与范围刻画,形成 H3 粗粒相带的预测分布图,A 构造南

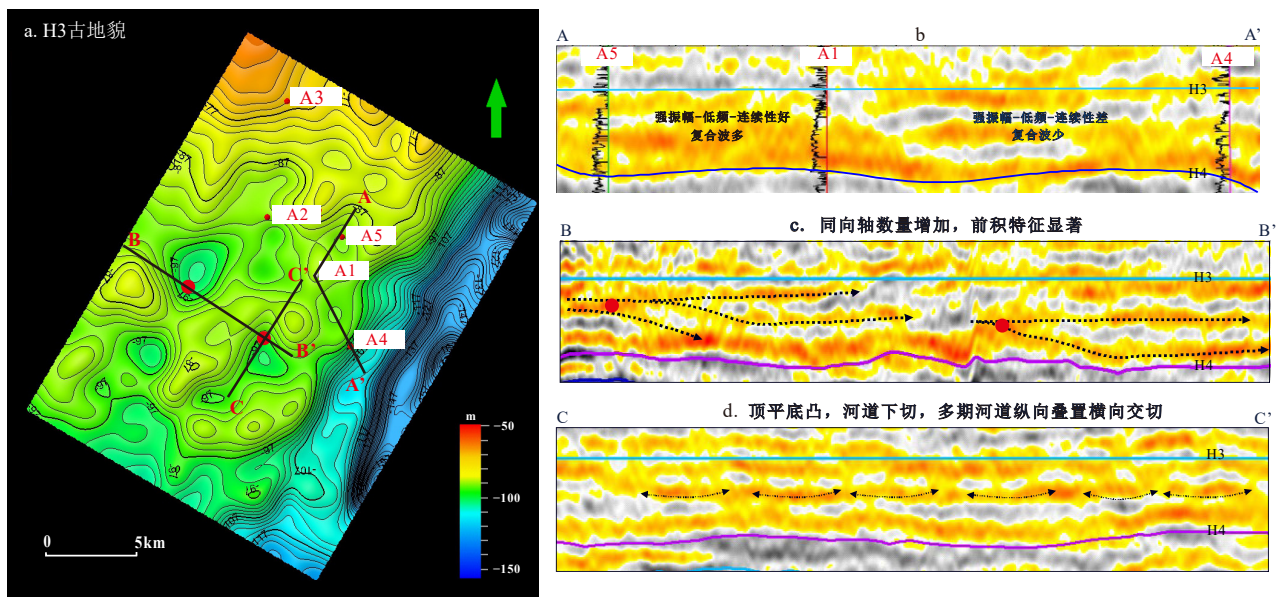


图 7 A 构造 H3 古地貌及地震复合微相河道识别

Fig.7 The paleogeomorphology of H3 in the A Structure and channel microfacies identification from seismic profile

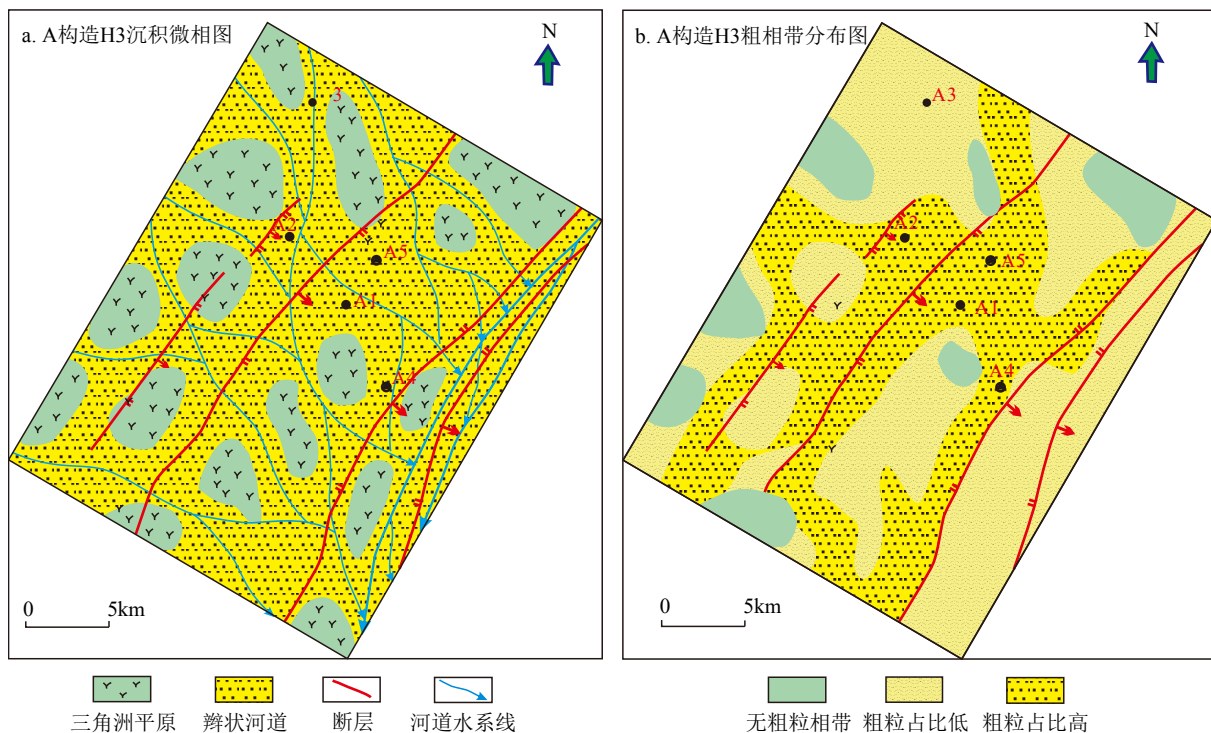


图 8 H3 沉积微相及粗粒相带分布图

Fig.8 Sedimentary microfacies and the distribution of coarse-grain facies in H3

块处于粗粒相带的发育区(图 8b)。

A 构造花港组 H3 储集空间类型为原生孔+次生溶蚀孔+少量微裂缝,溶蚀作用对砂体物性的改善是另一优质储层控制因素(图 9)。中成岩 A 期主要受有机酸溶蚀,其主要来源为下伏平湖组烃源岩,因此,有效的供酸断裂体系及长时间的酸性环境,是形成强溶蚀区的关键。

在明确溶蚀作用控制优质储层发育的基础上,对强溶蚀区进行了平面预测。强溶蚀区主要分布

在通源主控断裂 F1 两侧,由于南块通源断裂更为发育,南块的强溶蚀区范围也更大(表 4,图 10a)。在沉积微相、粗粒相带、强溶蚀区预测的基础上,将三图进行叠合,认为 A 构造南块为优质储层发育的有利区(图 10b)。

6 结论

(1)H3 厚层砂岩储集层内发育 2 种类型隔夹

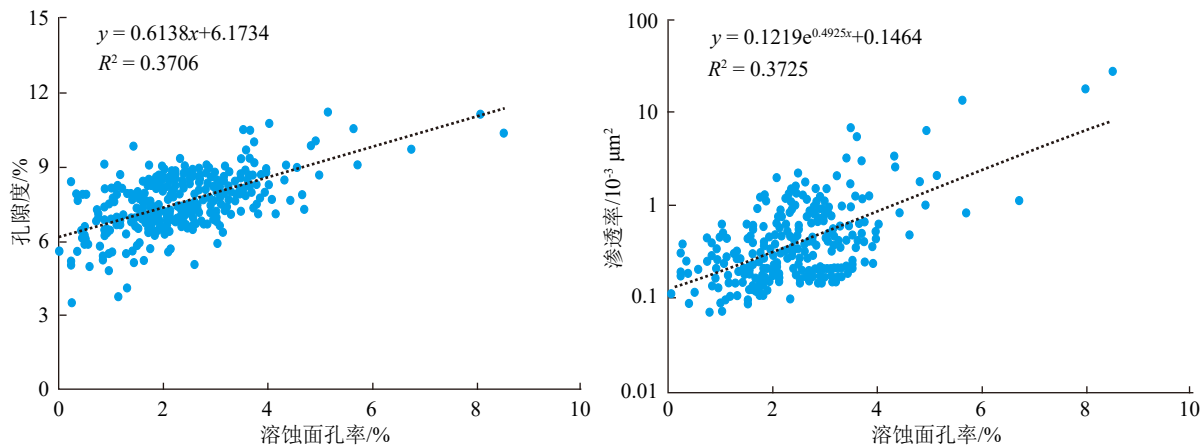


图 9 A 构造花港组溶蚀面孔率与物性关系

Fig.9 Relationship between the porosity ratio in dissolution surface and the physical property in Huagang Formation of the A Structure

表 4 强溶蚀区划分依据

Table 4 Identification criterion for the division of diagenetic facies in strong dissolution area

成岩储集相	A相	B相	C相	D相
岩石类型	中、粗砂岩含砾砂岩	中-细砂岩含砾砂岩	细砂岩	粉-细砂岩、泥砾砂岩、钙质砂岩
沉积微相	辫状河道主体		河道侧缘	
泥质杂基/%	0~4	2~5	1~7	1~13
孔隙度/%	6~11	5~10	3.5~10	2.2~9
渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	>1	0.5~1	0.2~0.5	<0.2
视压实率/%	85~99	80~94	40~95	40~93
视胶结率/%	<6	1~8.5	1~17	1~68
视溶蚀率/%	4~20	2.3~10	0.5~9	0~8
DTS/($\mu\text{s}/\text{ft}$)	95~105		90~115	
GR/API	≤ 55		> 55	
RT/($\Omega \cdot \text{m}$)	≥ 45		< 45	
ZDEN/(g/cm)	≤ 2.52		> 2.52	
储集性能	好	较好	差	致密

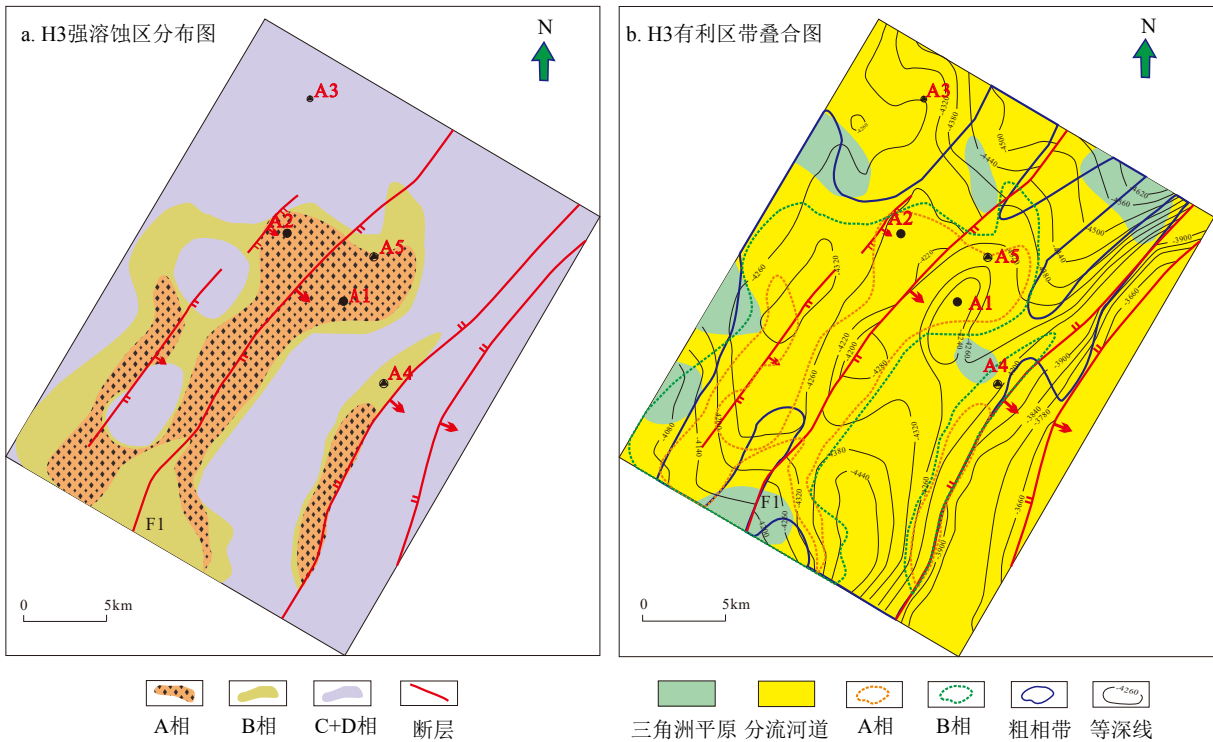


图 10 A 构造 H3 强溶蚀区分布及有利区带叠合图

Fig.10 Distribution of strong dissolution area in A Structure H3 and the superimposition map with promising reservoir

层: 落淤层夹层和泥岩层隔层。其中物性最好的中部低 IRE 值段, 隔夹层均为落淤层, 为 I 类储层; 而上部 IRE 高, 隔夹层多泥岩层, 物性差, 为 II2 类储层。

(2) 工区内单河道宽厚比为 38.87, 结合单砂体厚度, 折算出各期河道展布范围为 1.1~2.3 km。

A 构造 H3 砂地比多在 70% 以上, 所以认为该区砂体多呈现叠拼型, 垂向上连通性有所变化。

(3) 基于前期建立的河道发育模式, 在地震复合微相指导下, 对 H3 早期河道进行识别和追踪, 认为复合河道带向南交汇增多, 水动力更强, 更利于

优质储层发育。最后结合沉积微相、粗粒相带及成岩相分布特征,认为 A 构造南部有利储层更为发育。

参考文献 (References)

- [1] 于兴河, 马兴详, 穆龙新, 等. 辫状河储层地质模式及层次界面分析 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004. [YU Xinghe, MA Xingxiang, MU Longxin, et al. Reservoir Geology Model and Analysis of Hierarchy Surface [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004.]
- [2] Lynds R, Hajek E. Conceptual model for predicting mudstone dimensions in sandy braided-river reservoirs [J]. *AAPG Bulletin*, 2006, 90(8): 1273-1288.
- [3] 印森林, 吴胜和, 冯文杰, 等. 冲积扇储集层内部隔夹层样式: 以克拉玛依油田一中区克下组为例 [J]. *石油勘探与开发*, 2013, 40(6): 757-763. [YIN Senlin, WU Shenghe, FENG Wenjie, et al. Patterns of inter-layers in the alluvial fan reservoirs: A case study on Triassic Lower Karamay Formation, Yizhong Area, Karamay Oilfield, NW China [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2013, 40(6): 757-763.]
- [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. [QU Fang, CHEN Qinghua, LIAN Chengbo. Fluvial facies reservoir architecture and its control over the distribution of oil and water [J]. *Journal of China University of Petroleum*, 2008, 32(3): 14-18.]
- [5] Thorne C R, Russell A P G, Alam M K. Planform pattern and channel evolution of the Brahmaputra river, Bangladesh [M]//Best J L, Bristow C S. Braided Rivers. London: Geological Society of London, 1993: 257-276.
- [6] 陈清华, 曾明, 章凤奇, 等. 河流相储层单一河道的识别及其对油田开发的意义 [J]. *油气地质与采收率*, 2004, 11(3): 13-15. [CHEN Qinghua, ZENG Ming, ZHANG Fengqi, et al. Identification of single channel in fluvial reservoir and its significance to the oilfield development [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2004, 11(3): 13-15.]
- [7] 白振强. 辫状河砂体三维构型地质建模研究 [J]. *西南石油大学学报: 自然科学版*, 2010, 32(6): 21-24. [BAI Zhenqiang. Study on the 3D architecture geological modeling of braided fluvial sandbody [J]. *Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition*, 2010, 32(6): 21-24.]
- [8] 蒋一鸣, 何新建, 张绍亮. 东海陆架盆地“反转改造”构造迁移演化特征: 以西湖凹陷边缘构造为例 [J]. *长江大学学报: 自科版*, 2016, 13(26): 1-7. [JIANG Yiming, HE Xinjian, ZHANG Shaoliang. The characteristics of “Inverse-transform” tectonic migration evolution of the East China Sea Shelf basin: by taking the marginal structure of Xihu sag for example [J]. *Journal of Yangtze University: Natural Science Edition*, 2016, 13(26): 1-7.]
- [9] 郭真, 刘池洋, 田建锋. 东海陆架盆地龙井运动构造影响及其发育背景 [J]. *西北大学学报: 自然科学版*, 2015, 45(5): 801-810. [GUO Zhen, LIU Chiyang, TIAN Jianfeng. Longjing movement structural effect and developmental background in East China Sea basin [J]. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 2015, 45(5): 801-810.]
- [10] 李顺利, 许磊, 于兴河, 等. 东海陆架盆地西湖凹陷渐新世海侵作用与潮控体系沉积特征 [J]. *古地理学报*, 2018, 20(6): 1023-1032. [LI Shunli, XU Lei, YU Xinghe, et al. Marine transgressions and characteristics of tide-dominated sedimentary systems in the Oligocene, Xihu sag, East China Sea Shelf Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2018, 20(6): 1023-1032.]
- [11] 张建培, 余逸凡, 张田, 等. 东海西湖凹陷深盆气勘探前景探讨 [J]. *中国海上油气*, 2013, 25(2): 24-29, 35. [ZHANG Jianpei, YU Yifan, ZHANG Tian, et al. A discussion on the exploration potential of deep basin gas in Xihu sag, East China Sea [J]. *China Offshore Oil and Gas*, 2013, 25(2): 24-29, 35.]
- [12] 王果寿, 周卓明, 肖朝辉, 等. 西湖凹陷春晓区带下第三系平湖组、花港组沉积特征 [J]. *石油与天然气地质*, 2002, 23(3): 257-261, 265. [WANG Guoshou, ZHOU Zhuoming, XIAO Chaohui, et al. Sedimentary characteristics of Eugene Pinghu formation and Huagang formation in Chunxiao Zone of Xihu lake depression [J]. *Oil & Gas Geology*, 2002, 23(3): 257-261, 265.]
- [13] 张银国. 东海西湖凹陷花港组油气地质条件与油气分布规律 [J]. *石油实验地质*, 2010, 32(3): 223-226, 231. [ZHANG Yinguo. Petroleum geology and hydrocarbon distribution pattern of Huagang Formation in the Xihu sag of the East China Sea [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2010, 32(3): 223-226, 231.]
- [14] 陈哲, 张昌民, 侯国伟, 等. 东海陆架盆地西湖凹陷平湖组断层组合样式及其控砂机制 [J]. *石油与天然气地质*, 2020, 41(4): 824-837. [CHEN Zhe, ZHANG Changmin, HOU Guowei, et al. Fault distribution patterns and their control on sand bodies in Pinghu Formation of Xihu Sag in East China Sea Shelf Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2020, 41(4): 824-837.]
- [15] 苏奥, 贺聪, 陈红汉, 等. 构造反转对西湖凹陷中部油气成藏的控制作用 [J]. *特种油气藏*, 2016, 23(3): 75-78, 147. [SU Ao, HE Cong, CHEN Honghan, et al. Effect of tectonic inversion on hydrocarbon accumulation in the central area of Xihu depression [J]. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2016, 23(3): 75-78, 147.]
- [16] 梁若冰, 李玉珍, 李纯洁, 等. 平湖油气田地质特征与勘探方向 [J]. *海洋石油*, 2008, 28(2): 7-13, 57. [LIANG Ruobing, LI Yuzhen, LI Chunjie, et al. Geological characteristics and exploration targets of Pinghu oilfield [J]. *Offshore Oil*, 2008, 28(2): 7-13, 57.]
- [17] 钟志洪, 张建培, 孙珍, 等. 西湖凹陷黄岩区地质演化及断层对油气运聚的影响 [J]. *海洋石油*, 2003, 23(S1): 30-35. [ZHONG Zhihong, ZHANG Jianpei, SUN Zhen, et al. Geological evolution of Huangyan area in Xihu sag and the influence of oil and gas migration in fault zone [J]. *Offshore Oil*, 2003, 23(S1): 30-35.]
- [18] 秦兰芝, 刘金水, 李帅, 等. 东海西湖凹陷中央反转带花港组锆石特征及物源指示意义 [J]. *石油实验地质*, 2017, 39(4): 498-504, 526. [QIN Lanzhi, LIU Jinshui, LI Shuai, et al. Characteristics of zircon in the Huagang Formation of the central inversion zone of Xihu Sag and its provenance indication [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2017, 39(4): 498-504, 526.]
- [19] 陈波, 李文俊, 丁芳, 等. 基于地震波形结构特征的分流河道砂体储层构型 [J]. *石油地质与工程*, 2021, 35(6): 1-6. [CHEN Bo, LI Wenjun, DING Fang, et al. Reservoir configuration of distributary channel sand body based on the structural features of seismic wave-

- forms [J]. *Petroleum Geology and Engineering*, 2021, 35 (6): 1-6.]
- [20] 刘玉娟, 郑彬, 李红英, 等. 渤海A油田大厚层油藏储层构型研究[J]. *石油地质与工程*, 2018, 32 (6): 16-20. [LIU Yujuan, ZHENG Bin, LI Hongying, et al. Study on reservoir configuration of large thick reservoirs in Bohai A Oilfield [J]. *Petroleum Geology and Engineering*, 2018, 32 (6): 16-20.]
- [21] 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 (2): 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 (2): 112-120.]
- [22] 宋子齐, 谭成仟, 曲政. 利用灰色理论精细评价油气储层的方法[J]. *石油学报*, 1996, 17 (1): 25-31. [SONG Ziqi, TAN Chengqian, QU Zheng. Utilizing exact grey theory to evaluate oil and gas formation [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1996, 17 (1): 25-31.]
- [23] Bridge J S. Fluvial facies models: Recent developments[M]// Posamentier H W, Walker R G. *Facies Models Revisited*. Tulsa: Society for Sedimentary Geology, 2006: 83-168.
- [24] Bridge J S, Tye R S. Interpreting the dimensions of ancient fluvial channel bars, channels, and channel belts from wireline-logs and cores [J]. *AAPG Bulletin*, 2000, 84 (8): 1205-1228.
- [25] Kelly S. Scaling and hierarchy in braided rivers and their deposits: Examples and implications for reservoir modelling[M]//Smith G H S, Best J L, Bristow C S, et al. *Braided Rivers: Process, Deposits, Ecology and Management*. Oxford, UK: International Association of Sedimentologists, 2006: 75-106.
- [26] 金振奎, 杨有星, 尚建林, 等. 辫状河砂体构型及定量参数研究: 以阜康、柳林和延安地区辫状河露头为例[J]. *天然气地球科学*, 2014, 25 (3): 311-317. [JIN Zhenkui, YANG Youxing, SHANG Jianlin, et al. Sandbody architecture and quantitative parameters of single channel sandbodies of braided river: cases from outcrops of braided river in Fukang, Liulin and Yanan areas [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2014, 25 (3): 311-317.]