

尼日尔三角洲盆地深水区E油田重力流水道复合体沉积特征与内部期次解剖

张旭¹, 卜范青², 段瑞凯¹, 杨希濮², 陈筱², 郜益华¹

1 中海石油(中国)有限公司北京研究中心; 2 中海油国际有限公司

摘要 尼日尔三角洲盆地深水区E油田A油组发育重力流水道复合体沉积,由于内部水道期次多,叠置关系复杂,导致油田开发难度较大。通过对地震资料、测井曲线、岩心照片等资料的分析,梳理了A油组重力流水道复合体的沉积特征,探讨了水道复合体期次解剖的级次问题,明确了复合水道期次解剖具有实际应用价值,并提出基于井-震联合多级旋回对比的复合水道期次解剖方法。首先,以岩心资料为基础,总结深水重力流复合水道的期次界面标志;其次,划分岩心尺度水道期次,并结合测井资料确定测井尺度复合水道期次;最后,通过井-震联合确定地震尺度的复合水道期次,并进行追踪解释。最终建立基于成因分析的复合水道沉积演化模式。

关键词 深水重力流;水道复合体;沉积特征;期次解剖;尼日尔三角洲盆地

中图分类号:TE121.3 **文献标识码**:A

0 前言

深水重力流沉积体系是近年来油气勘探开发的热点之一,在全球多个海域尤其是大西洋两岸的被动大陆边缘古近系和新近系中已有大量油气发现,因此关于深水重力流沉积体系的研究显得尤为重要。作为深水重力流沉积的重要类型,重力流水道沉积有其独特的复杂特点。在勘探开发较为成熟的区块,重力流水道弯曲的形态通常能够在基于三维地震的平面地震属性图上清晰地识别出来,但以此识别的水道一般为一套或几套尺度较大的水道复合体。事实上,深水重力流水道沉积极其复杂,其复杂性首先表现在水道复合体一般不是单期沉积作用形成,而是经历了长期演化,其内部包含大量的细分水道,砂体无论在纵向上还是横向上都可能快速相变;另外,复合体内部不同期水道之间常发生相互侵蚀叠加,导致深水重力流水道复合体内部结构复杂。深水重力流水道内幕结构的复杂性对油气田开发井部署、实施以及生产都会产生重大影响。

国内外已有相关学者对深水重力流复合水道

结构与级次细分等进行了相关研究。如林煜等^[1]将深水重力流水道体系划分为7级构型单元;赵晓明等^[2]分水道体系、复合水道和单一水道3个层次对深水水道体系进行了构型研究;陈筱等^[3]对深水重力流复合水道储层连通模式进行了表征。虽然前人已经取得了大量的研究成果,但关于深水重力流水道的研究仍存在一些不足,如目前的研究主要侧重于剖面分析,空间分析存在不足,对于多期复合水道沉积的演化研究尚有待深入等。笔者以西非尼日尔三角洲盆地深水区E油田为例,基于岩心、测井、三维地震等资料,明确了深水水道复合体期次分级,总结了复合水道期次界面的主要类型及识别特征,并采用基于井-震联合多级旋回对比的复合水道期次解剖方法完成目标油藏水道复合体内幕期次解剖,最后建立了基于成因分析的多期复合水道沉积演化模式。

1 研究区概况

研究区E油田位于西非尼日尔三角洲盆地深水区(图1),北侧距离哈科特港约200 km,水深1 400~1 500 m,现今仍处于被动大陆边缘陆坡环境。

收稿日期:2020-04-16;改回日期:2020-10-28;网络出版日期:2021-04-13

本文受国家科技重大专项课题“西非、亚太及南美典型油气田开发关键技术研究”(编号:2011ZX05030-005)资助

第一作者:张旭,工程师,主要从事油气田开发地质研究工作。通信地址:100028北京市朝阳区太阳宫南街6号院B607;E-mail: zhangxu19@enooc.com.cn

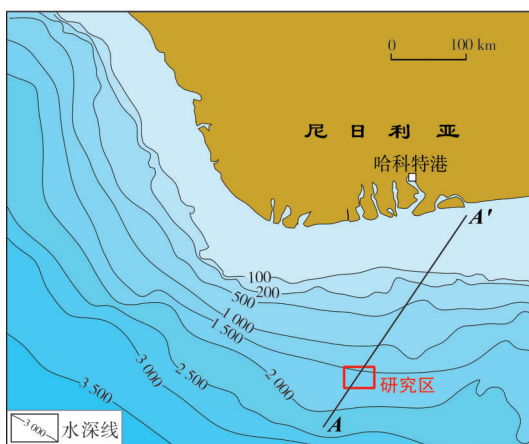


图1 研究区地理位置示意图

Fig. 1 Geographical location of the study area

1.1 构造与地层发育特征

尼日尔三角洲自始新世以来长期处于进积状态^[4],随着沉积物的不断堆积,中新世开始尼日尔三

角洲盆地受到重力滑动作用,从北至南形成3个区域构造带^[5-6](图2):北侧为拉伸构造带,主要发育铲状断层和滚动背斜;南侧为挤压构造带,主要发育叠瓦状逆冲断层;中部为拉伸-挤压构造转换带,同时可见逆冲断层和正断层^[5]。研究区E油田发育在尼日尔三角洲构造转换带上。

尼日尔三角洲盆地自古新世以来发育3套进积地层,自下而上分别为:阿卡塔(Akata)组、阿格巴达(Agbada)组和贝宁(Benin)组^[7]。其中阿卡塔组主要为巨厚的海相黑色页岩,是研究区主要的生油层系,沉积厚度达2 000~7 000 m;上覆阿格巴达组为研究区目的层所在层位,该套地层靠近陆地方向发育三角洲平原、三角洲前缘沉积,向海方向则过渡为海底扇和深海泥岩沉积,沉积总厚度达3 500 m^[8];贝宁组主要发育于靠近岸上地区,主要由河流及岸后沼泽沉积组成,地层厚度小于3 000 m^[9]。

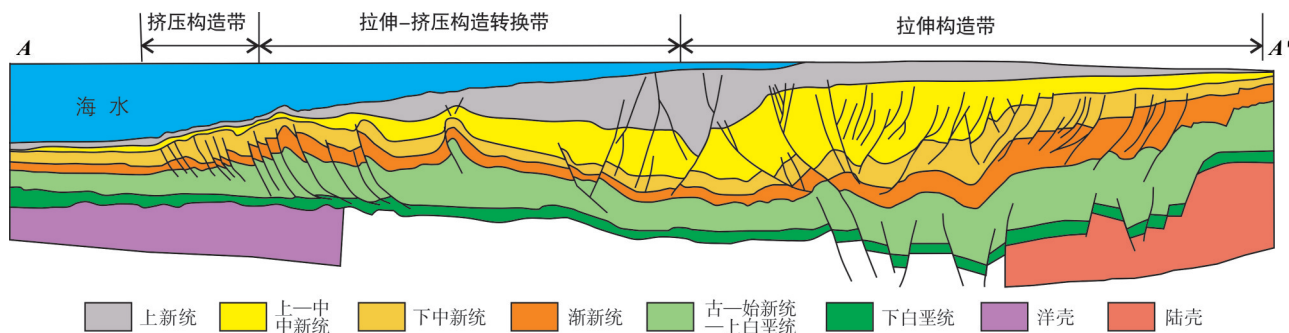


图2 研究区构造背景剖面示意图(据文献[5-6])

Fig. 2 Profile showing structural background of the study area(cited from reference[5-6])

1.2 资料基础

E油田资料丰富,为开展精细沉积研究提供了较好的条件。高精度三维地震数据平面处理面元为12.5 m×12.5 m,采样间隔为2 ms,目的层段主频为32 Hz,垂向分辨率为25 m,整体信噪比高,地质体成像清晰。E油田5口探井基础资料丰富,累计取心达300 m,常规测井、分析化验等资料齐全。此外开发井随钻测井等资料也可为油田沉积认识提供一定支持。

2 深水重力流复合水道沉积特征

E油田A油组发育典型的深水重力流复合水道,多期叠置特征明显。下面分别从地震响应、岩心观察及测井曲线等方面分析A油组深水重力流水

道的宏观沉积特征。

研究区高精度三维地震资料为A油组宏观储层特征识别奠定了良好的基础。如图3所示的A油组平面地震均方根振幅属性,可清晰反映出A油组复合水道体系在平面上呈高弯度曲流形态,水道轴部(虚线内所示)地震反射能量强,为优质储层发育的主体部位;边部振幅能量较弱,局部见斑块状中等能量区,主要为漫溢及天然堤响应。

通过垂直水道走向的地震剖面(图4)可以看出,重力流水道复合体地震响应具有如下特征:水道复合体轴部地震反射能量较强,并具有多套叠合地震反射同相轴。局部剖面显示水道轴部呈现似“顶平底凸”的形态(图4a黄色虚线所示),反映可能存在侵蚀下切作用;局部则表现出多期水道侧向迁移的形态(图4b黄色虚线所示)。水道复合

体内部同相轴出现扭曲、中断等现象,指示水道复合体内部存在复杂的水道期次关系。另外复合体

顶部可识别出宽度较窄的废弃水道(图4绿色线所示)。

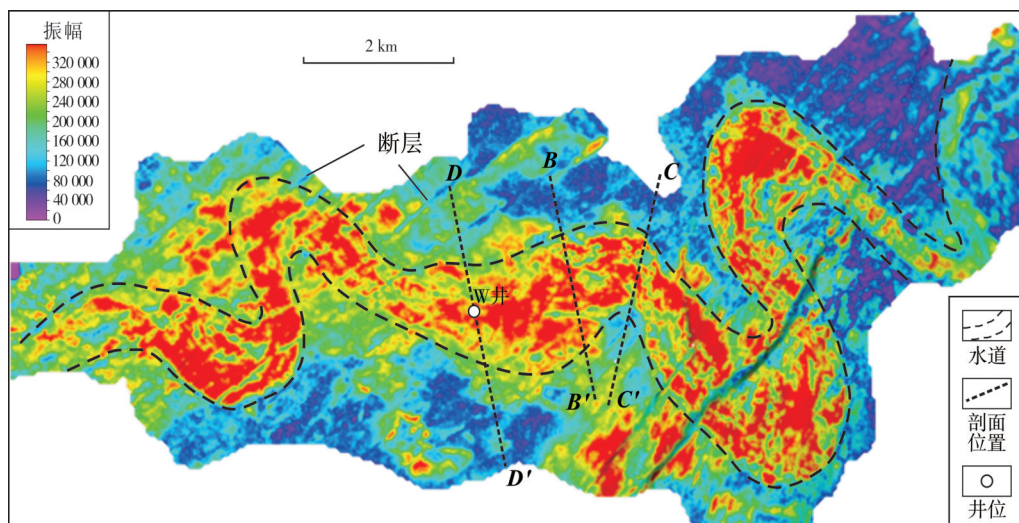


图3 尼日尔三角洲盆地E油田A油组平面地震属性图(均方根振幅)

Fig. 3 Seismic attribute map of A oil layer in E Oilfield of Niger Delta Basin (RMS amplitude)

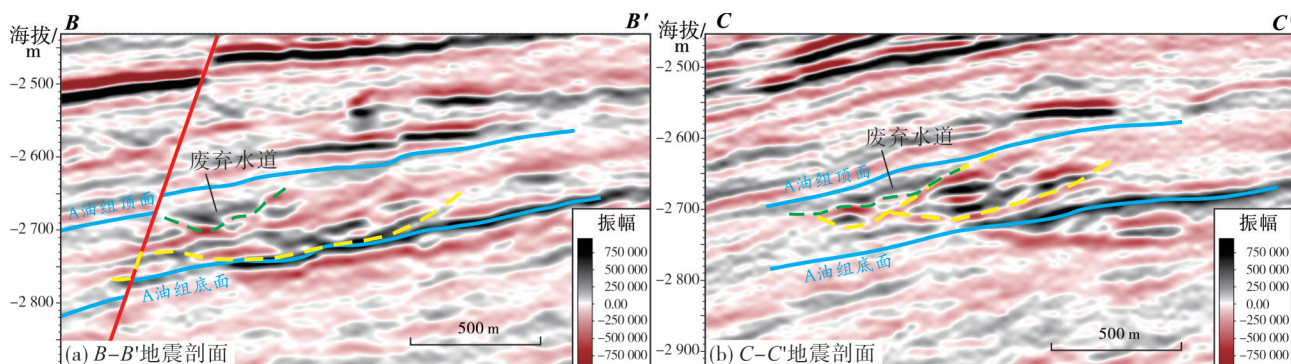


图4 尼日尔三角洲盆地E油田A油组垂直水道走向的地震剖面(剖面位置见图3)

Fig. 4 Seismic sections crossing A oil layer perpendicularly to the channel axis in E Oilfield of Niger Delta Basin (section position is shown in Fig. 3)

基于水道轴部W井(井位见图3)的测井曲线特征分析(图5),A油组水道复合体厚度近百米,可以划分为多期复合的两大沉积旋回。其中,下部旋回的岩性相对均质,包括下部单层块状砂岩和上部泥岩段,块状砂岩在GR测井曲线上表现为箱形或微齿化箱形特征;上部旋回为多套箱形或钟形曲线组合,代表多期砂—泥的复合沉积,单期砂岩厚度为5~10 m。岩心分析显示,A油组发育中厚层—厚层粗粒—细粒砂岩、粉砂质泥岩等岩性组合,一般以块状层理或正粒序层理为典型特征。厚层砂岩底部常见含砾砂岩或砾岩,向上渐变为块状或正粒序中—粗砂岩,顶部常发育富含波纹层理的泥质细砂岩或粉砂岩。A油组沉积构造类型丰富,砂岩中常见正粒序层

理、波纹层理、泄水构造、底部冲刷面等;泥岩一般发育水平层理,常见滑塌、揉皱等变形构造等。

综上所述,A油组深水重力流水道复合体存在多期复合叠置的特点。油田方案实施过程中,深水重力流水道多期复合的特点为油田开发带来一定难度。首先,油田开发早期多期复合水道的地质认识难以准确把握,可能造成开发井钻前储层预测不准,进而导致水平井砂体钻遇长度不及预期;其次,多期复合水道期次认识不足还可能导致储层发育模式认识不到位,进而造成井间连通性不明确、井网不完善等问题。因此,深水重力流水道复合体内部期次解剖对油田开发具有重大意义。

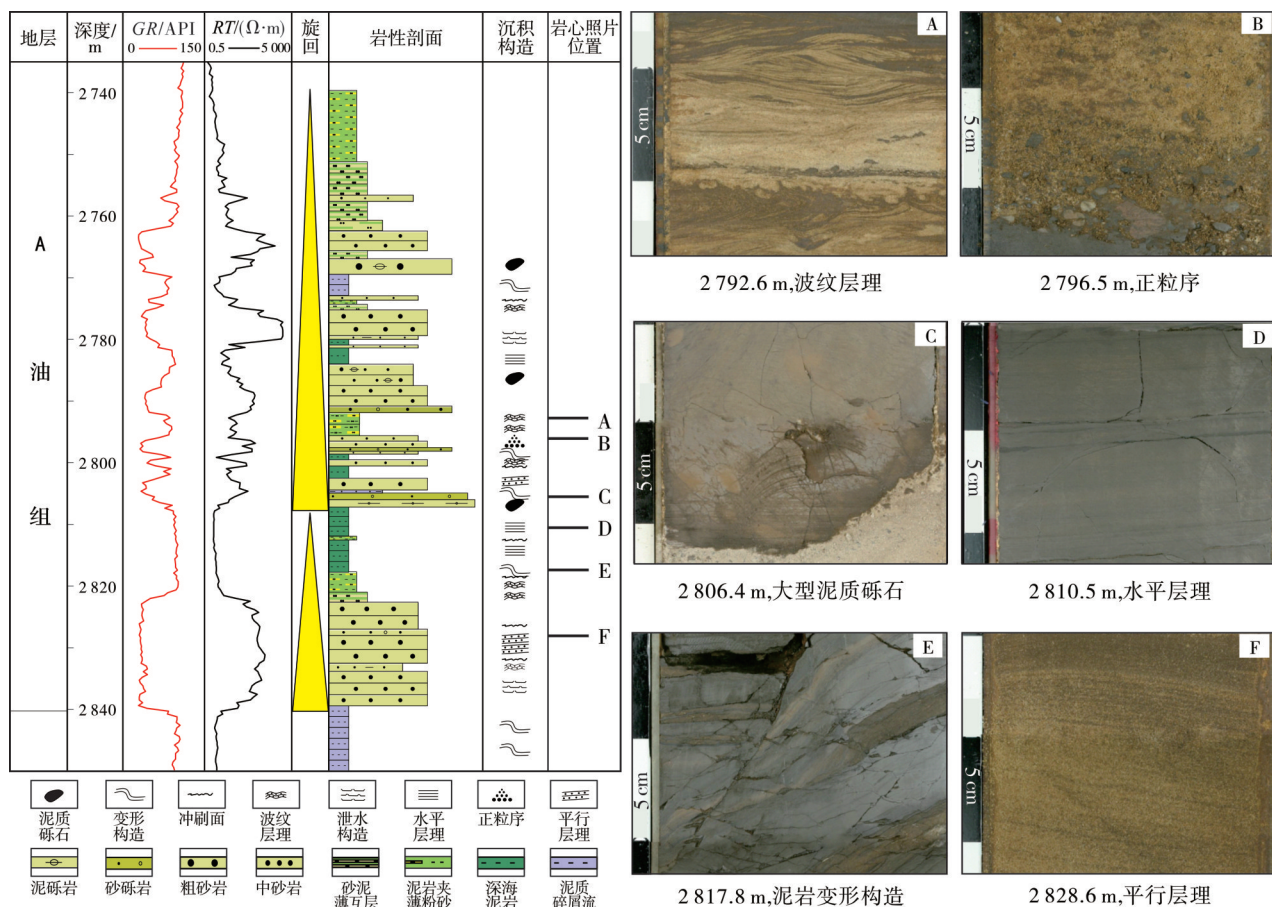


图5 尼日尔三角洲盆地E油田W井A油组综合柱状图
Fig. 5 Comprehensive column of A oil layer in Well W in E Oilfield of Niger Delta Basin

3 深水重力流水道复合体系期次解剖

针对E油田A油组水道复合体多期叠置的特点,利用岩心、测井、地震等资料,分别从水道复合体系内部级次、期次界面识别及井-震联合的复合水道旋回对比等角度进行了深入研究,进而实现了A油组重力流水道复合体系的期次细分及层位追踪解释。

3.1 复合水道体系内部级次

要对深水水道复合体系期次进行解剖,首先要理清水道的内部级次。前人对深水重力流复合水道级次细分已做了一定研究,总体来说,深水重力流复合水道体系由细到粗可以划分为单一水道、复合水道和水道体系3个级次^[1,2]。整个A油组属于一套水道体系,因此关于水道体系在此不再赘述,需要讨论的关键在于单一水道和复合水道。

单一水道是复合水道内部的基本成因单元,由于尺度较小,稀井网条件下往往难以准确分辨^[2]。据前人研究,单一水道厚度一般为10~30 m^[2]。从E

油田岩心资料来看,如图6所示,在3.5 m长的连续岩心段内部至少可识别出4期旋回,因此单一水道亦可能包含多个沉积旋回;再加上单一水道之间一般具有侵蚀或叠加关系,导致多期单一水道交叠,进而导致水道横向变化快,空间刻画难以实现。

复合水道由多期单一水道构成,代表相对稳定沉积背景条件下形成的水道沉积。不同期次复合水道之间一般存在泥岩、泥质碎屑流等非储层类型沉积,代表中长期的物源供给不足或大规模的泥质碎屑流沉积事件等。复合水道一般具有较大的规模,条件较好的情况下可以利用地震资料进行追踪研究。前人研究显示复合水道厚度可介于10~50 m^[2]。基于本次研究对E油田A油组水道复合体期次的分析,A油组可细分为4期复合水道,单期复合水道沉积体厚度在25~35 m之间。从油气田开发的角度来讲,相比单一水道变化较快的特点,复合水道可在开发单元范围内稳定追踪,沉积体厚度与开发单元厚度较为契合,因此复合水道期次的解剖更具有实际应用价值。

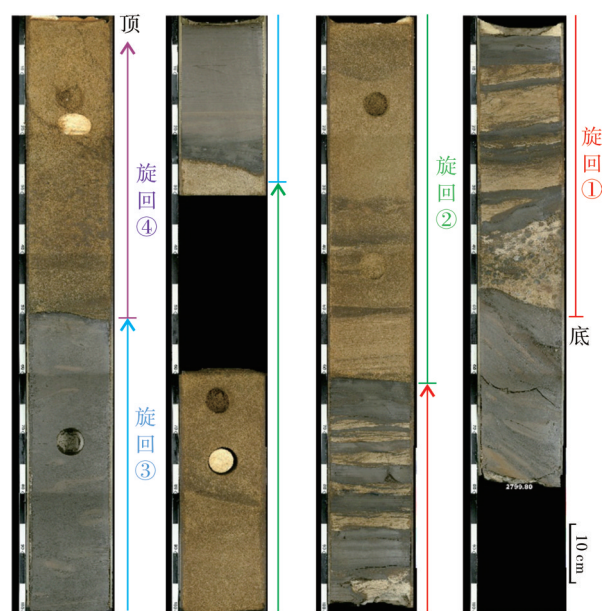


图6 尼日尔三角洲盆地E油田S井深水重力流水道岩心旋回性分析

Fig. 6 Sedimentary cycle analysis of deep water gravity flow channel for cores of Well S in E Oilfield of Niger Delta Basin

3.2 复合水道体系期次界面识别

沉积界面是水道期次细分的重要依据,深水重力流复合水道体系由于其独特的深水沉积环境,其沉积界面具有特有的典型特征及成因。基于岩心、测井曲线等资料,在E油田A油组水道复合体中识别出4种复合水道期次界面标志,并分别总结每种界面类型的成因与识别方式(表1)。

泥质岩—砂岩突变面 代表水道砂质沉积物直接覆盖在下部泥质沉积上。在深水重力流水道中,泥质岩主要有深海悬浮沉积泥岩、水道内低密度粉砂质泥岩或泥质粉砂岩等,砂岩与泥岩呈整合或侵蚀接触,通过测井和岩心资料均可识别。此类界面可代表单一水道界面,也可代表水道内的单次重力流沉积事件,具有一定的多解性。而对于水道复合体而言,其沉积一般发生在较长期的沉积“饥饿期”或较大规模的泥质碎屑流沉积之后,上下可形成较厚的泥岩层,因此部分情况下该类界面可通过地震资料追踪。

表1 尼日尔三角洲盆地E油田A油组深水重力流复合水道体系主要期次界面标志、成因解释及识别方式

Table 1 Key interface markers and their genetic explanations and identification methods of the deep water gravity flow channel system of A oil layer in E Oilfield of Niger Delta Basin

| 期次界面标志 | 样式 | 实例 | 成因解释 | 识别方式 |
|------------------|----|----|------------------------------------|-----------------------------------|
| 泥质岩—砂岩突变 | | | 新一期砂质水道沉积于早期泥岩之上,可见冲刷面 | 岩心、测井均可识别,需关注下部泥岩厚度与稳定性 |
| 砂体内部粒度突变 | | | 晚期水道下切于早期水道砂体之上,造成粒度突变 | 岩心可以直观识别; 粒度差异较大时测井可识别 |
| 泥砾岩或含泥砾粗砂岩等特殊岩性层 | | | 水道早期滞留沉积物 | 岩心观察为主; 测井可识别,有一定多解性,需结合岩心观察结果 |
| 泥质碎屑流或块体搬运沉积层 | | | 水道早期泥质重力流沉积,之上可覆盖具有成因联系的水道砂,也可单独沉积 | 岩心观察为主; 测井可识别,有一定多解性,需结合岩心观察结果 |

砂体内部粒度突变面 是水道砂体叠加的位置,可伴生冲刷面,代表晚期高能水道下切沉积于早期水道砂体之上,常见于复合水道级次内部。此

类界面识别主要通过岩心观察,在粒度变化较大的情况下孔隙度测井曲线可表现出跳变特征,但多数情况下测井难以识别。此类界面说明上下两期沉

积间隔时间较短,上下两期沉积物几乎完全融合,在水道期次对比中一般予以合并。

泥砾岩或含泥砾粗砂岩等特殊岩性层 为部分水道早期充填物,其中泥质砾石尺寸可达5~10 cm(图5照片C),并具有一定的磨圆度,沉积厚度一般为0.5~3 m。该类沉积一般见于水道底部,属于滞留沉积,主要由大规模重力流沉积事件伴随泥质滑塌作用而形成,是水道期次解剖的重要依据。岩心观察是识别此类特殊岩性层的主要方式,测井资料也表现出一定的识别特征,但因其与砂泥薄互层沉积具有相似的测井响应特征而具有多解性。

泥质碎屑流及块体搬运沉积层 为深水常见的沉积类型^[10-13],两者均与上游陆坡局部失稳导致的滑塌作用有关。基于E油田的实际资料分析,在初期水道砂体沉积之前常发生泥质碎屑流及块体搬运沉积。例如W井2 840 m以下井段以泥岩为主(图5),但发育大量揉皱、变形构造,解释为泥质碎屑流,而之上沉积了厚层水道充填砂岩。因此深水重力流水道中的泥质碎屑流和块体搬运沉积层可作为水道期次的识别标志。不排除泥质碎屑流及块体搬运沉积单独成期的可能性,但这与前述结论并不矛盾。

3.3 井-震联合的复合水道期次对比解释

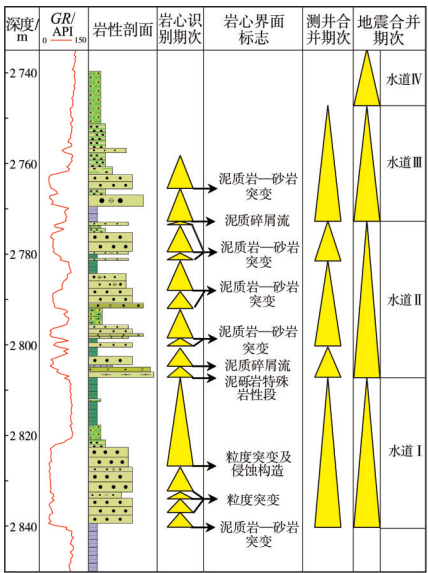
基于水道期次界面识别特征,分别从岩心、测井、地震尺度对目标油组的水道期次进行对比分析(图7a)。通过岩心观察,在A油组内部识别出多个

沉积期次,反映水道沉积内部结构极其复杂。每一期界面底部的识别标志见图7a中“岩心界面标志”一栏的详细标注。值得注意的是,W井2 770~2 773 m井段为高GR的泥质响应特征,常规做法一般会将其作为沉积旋回末期的低能泥质沉积,而基于本文的研究,认为该段是泥质碎屑流沉积,为复合水道早期沉积物。由于岩心尺度水道期次过多、厚度过薄,为了实现水道空间尺度的识别划分,需要在此基础上,对A油组16期水道旋回进行对比组合。组合思路为在继承岩心期次识别结果的基础上,考虑不同期次间沉积界面类型、泥质岩厚度及岩性旋回,并参考测井曲线特征将岩心识别期次组合为厚度较大、数量较少的期次,最后通过过井地震剖面对比,以界面可追踪为前提,合并为地震尺度可识别的期次。不同尺度水道期次厚度以及水道期次合并的依据见表2。A油组水道复合体岩心尺度水道期次最后组合为5期测井尺度水道期次,井-震联合最终确定为4期复合水道期次。

表2 W井不同尺度水道期次规模及期次合并依据

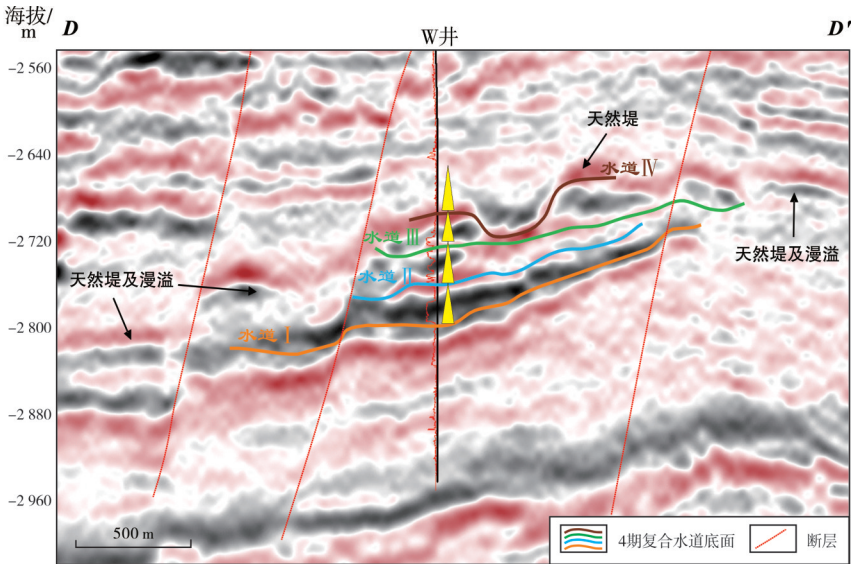
Table 2 Thickness statistics of channels in different scale phase of Well W and the basis of phase combination

| 尺度类型 | 水道期次厚度/m | 期次合并依据 |
|------|----------|----------------------|
| 岩心 | 0.8~19.0 | |
| 测井 | 7.5~33.0 | 沉积界面、泥岩厚度及成因、测井曲线特征等 |
| 地震 | 20~33.0 | 测井曲线特征、地震同相轴稳定性等 |



(a) W井岩心及测井期次解释

注: 岩性图例说明参见图5



(b) 地震期次解释

图7 复合水道期次井-震联合对比解释

Fig. 7 Phase dividing for composite channels with seismic and well data

如图7b所示,4期复合水道可通过地震剖面追踪解释(为清晰表述期次,仅标注了复合水道底面)。各期水道底面分布叠合图见图8。各期复合水道在空间上具有一定组合关系:位于沉积体底部的复合水道Ⅰ属于早期的独立沉积,其与上覆水道之间发育厚度达15 m的稳定泥岩。上覆的复合水道Ⅱ、复合水道Ⅲ和复合水道Ⅳ沉积具有继承性,整体属于另一期大的沉积序列。

各期复合水道的地震响应特征具有一定差异。相比上覆各期复合水道,底部复合水道Ⅰ的沉积宽度更大(近2 000 m)(图8),而且基本不发育天然堤。深水沉积一般受到海底地形的影响^[14-16]。复合水道Ⅰ横剖面具有典型的中间厚两边薄的特征,推测

是由于水道沉积早期目标区域的可容空间大,水道砂快速堆积在较宽的海底地形而形成。上部旋回复合水道Ⅱ、复合水道Ⅲ在剖面上呈宽扁“U”形,两者之间频繁发生交切侵蚀(图9),导致局部期次划分存在一定困难,但交切侵蚀作用可能导致两者纵向连通性较好。复合水道Ⅱ和复合水道Ⅲ外围发育扁平的天然堤沉积,局部发育砂质漫溢沉积,导致远离水道主体部位出现斑块状中—弱反射。复合水道Ⅳ为末期沉积,宽度较窄(200~300 m),深度较大(25~40 m),呈“U”字形废弃水道,水道边缘形成高幅的鸥翼状天然堤(图7b)。废弃水道具有较强的侵蚀下切能力,导致其下的复合水道Ⅲ被严重改造(图9)。

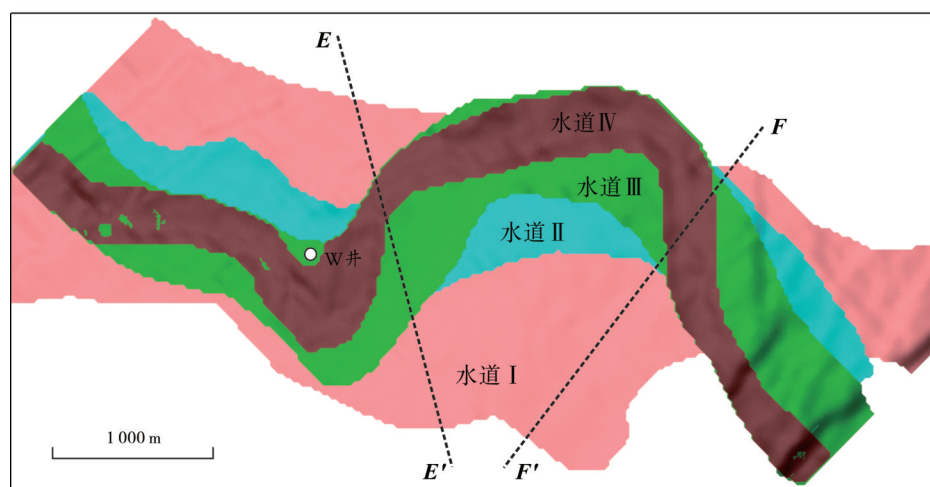


图8 尼日尔三角洲盆地E油田A油组4期复合水道底面叠合图

Fig. 8 Superposition map of the bottom surfaces of the 4 phases composite channels of A oil layer in E Oilfield of Niger Delta Basin

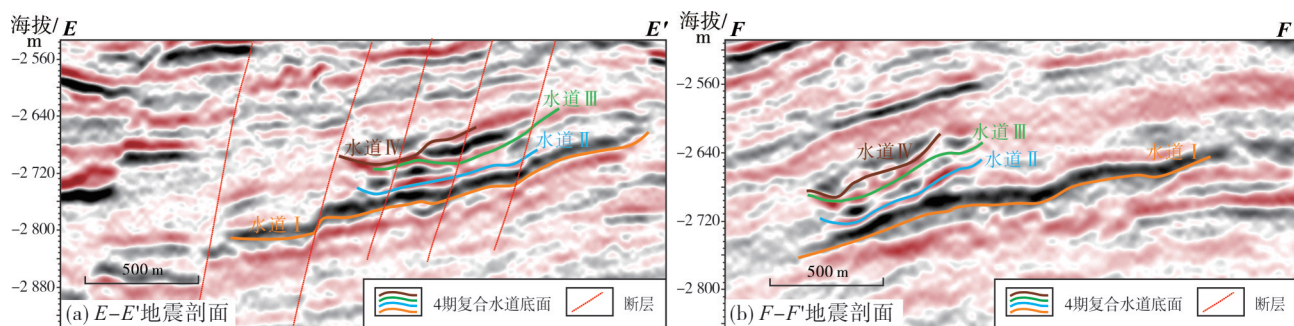


图9 尼日尔三角洲盆地E油田A油组复合水道地震剖面解释(剖面位置见图8)

Fig. 9 Seismic interpretation of composite channels of A oil layer in E Oilfield of Niger Delta Basin(section position is shown in Fig. 8)

3.4 基于成因分析的复合水道沉积演化模式

基于以上认识可以看出,研究区水道复合体沉积不仅具有期次性,而且其形成过程具有连续性。

综合考虑不同复合水道界面标志、期次间泥质成因、水道充填物类型等因素,建立了研究区的深水重力流复合水道体系沉积模式(图10)。

水道沉积作用发生之前,研究区处于可容空间

较大状态(图10a),由于滑塌等大规模重力流事件等,陆坡区物源方向发生水道改道进而导致研究区发育复合水道Ⅰ,水道沉积物迅速充填古构造低部位,形成宽泛且较为均质的砂质水道沉积(图10b)。之后由于海平面升降等原因,物源供给出现较长时间的中断,研究区整体沉积了稳定的深海泥岩(图10c)。随着上游发生滑塌等事件,以底部的砂质泥砾岩沉积为标志,研究区开始沉积复合水道Ⅱ(图10d),其上发育多个旋回的富砂单一水道。复合水道局部侵蚀作用

强,外围发育低平天然堤。随着物源供应减弱,复合水道Ⅱ末期发育泥质粉砂岩等低密度浊流沉积。复合水道Ⅲ以泥质碎屑流为开端,进而沉积泥砾砂岩、中粗砂岩等水道充填沉积(图10e),由于水道的纵向侵蚀和侧向摆动,其对复合水道Ⅱ改造较强,两者间存在明显的侵蚀交切现象。之后再次出现物源供给减弱,在复合水道Ⅲ顶部的低密度浊流沉积之上沉积了复合水道Ⅳ(图10f),以侵蚀性较强的废弃水道和幅度较高的天然堤为主,废弃水道最终被泥质充填。

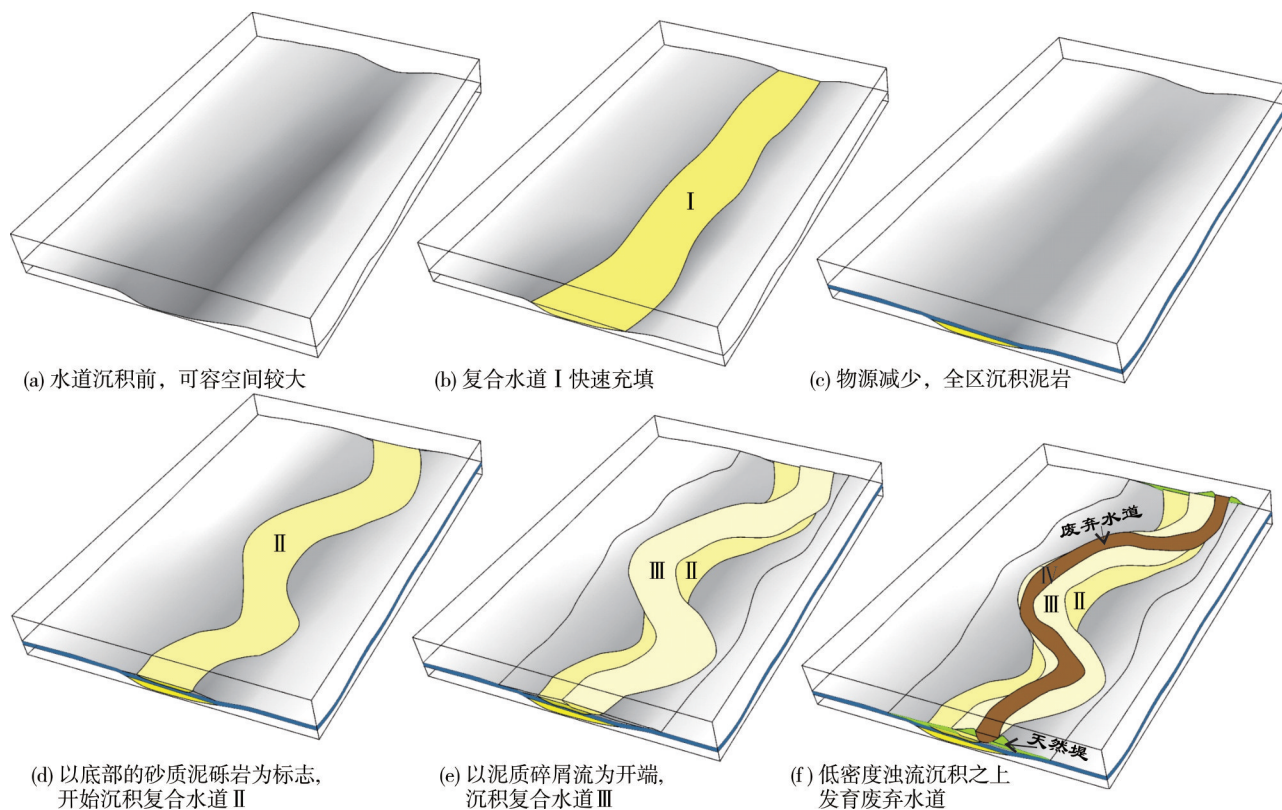


图10 尼日尔三角洲盆地E油田深水重力流水道复合体沉积演化模式

Fig. 10 Sedimentary evolution model of deep water gravity flow composite channels in E Oilfield of Niger Delta Basin

E油田开发井实钻结果证实,A油组复合水道期次解剖结果可为开发井复合水道砂体预测提供有力支持,也证实了期次划分的可靠性。

4 结论

(1)通过对地震资料、测井曲线、岩心等资料的分析,探讨了深水重力流水道复合体期次解剖的级次问题。复合水道级次一般在油田范围能够稳定追踪,沉积体厚度与开发单元尺度更为契合,复合水道期次的解剖在油气田开发中具有较高的实用价值。

(2)提出井-震联合多级旋回对比的复合水道期次解剖方法。首先总结深水重力流复合水道的期次界面标志,以E油田A油组为例,识别出泥质岩—砂岩突变、砂体内部粒度突变、特殊岩性层和泥质碎屑流或块体搬运沉积层4种主要的水道期次界面类型;其次以岩心资料为基础划分岩心尺度水道期次,并结合测井资料确定测井尺度复合水道期次;最后井-震联合确定地震尺度的复合水道期次,并进行追踪解释。在总结成因认识的基础上,建立了深水复合水道沉积演化模式。

参考文献

- [1] 林煜,吴胜和,王星,等.深水浊积水道体系构型模式研究:以西非尼日尔三角洲盆地某深水研究区为例[J].地质论评,2013,59(3): 510-520.
- [2] 赵晓明,吴胜和,刘丽.尼日尔三角洲盆地 Akpo 油田新近系深水浊积水道储层构型表征[J].石油学报,2012,33(6): 1049-1058.
- [3] 陈筱,卜范青,王昊,等.西非深水浊积复合水道储层连通模式表征[J].西南石油大学学报(自然科学版),2018,40(6): 35-46.
- [4] 吕明,王颖,陈莹.尼日利亚深水海底扇沉积模式成因探讨及勘探意义[J].中国海上油气,2008,20(4): 275-282.
- [5] 赵鹏飞,李丹,杨香华,等.尼日尔三角洲前缘重力流水道砂体的沉积构成特征[J].地质科技情报,2014,33(2): 28-37.
- [6] 孙立春,汪洪强,何娟,等.尼日利亚海上区块近海底深水水道体系地震响应特征与沉积模式[J].沉积学报,2014,32(6): 1140-1152.
- [7] SHORT K C, STÄUBLE A J. Outline of geology of Niger delta [J]. AAPG bulletin, 1967, 51(5): 761-779.
- [8] 赵晓明,刘丽,谭程鹏,等.海底水道体系沉积构型样式及控制因素:以尼日尔三角洲盆地陆坡区为例[J].古地理学报,2018,20(5): 825-840.
- [9] 邓荣敬,邓运华,于水,等.尼日尔三角洲盆地油气地质与成藏特征[J].石油勘探与开发,2008,35(6): 755-762.
- [10] 高红灿,郑荣才,魏钦廉,等.碎屑流与浊流的流体性质及沉积特征研究进展[J].地球科学进展,2012,27(8): 815-827.
- [11] SHANMUGAM G. 50 years of the turbidite paradigm (1950s-1990s): deep-water processes and facies models: a critical perspective[J]. Marine and petroleum geology, 2000, 17(2): 285-342.
- [12] 秦雁群,万仑坤,计智锋,等.深水块体搬运沉积体系研究进展[J].石油与天然气地质,2018,39(1): 140-152.
- [13] SHANMUGAM G. Deep-water processes and facies models: implications for sandstone petroleum reservoirs [M]. Amsterdam: Elsevier Science, 2006.
- [14] 赵艳军,鲍志东,王星,等.尼日尔盆地某深水海底扇发育的控制因素[J].西安石油大学学报(自然科学版),2012,27(2): 6-12, 117.
- [15] 王颖,吕明.深水沉积储层特征:以尼日利亚 OML130 区块为例[J].天然气地球科学,2009,20(2): 228-236.
- [16] 刘峰,裴健翔,汪洋,等.古地貌对海底扇沉积过程的控制及与油气富集的关系:以莺歌海盆地东方区黄流组一段为例[J].中国海上油气,2015,27(4): 37-46.

编辑:刘江丽 张润合

Sedimentary characteristics and internal phase anatomy of gravity flow channel complex of E Oilfield in deep water area of Niger Delta Basin

ZHANG Xu, BU Fanqing, DUAN Ruikai, YANG Xipu, CHEN Xiao, GAO Yihua

Abstract: Gravity flow channel complex is developed in A oil layer of E Oilfield in deep water area of Niger Delta Basin. The multiple phases of channels and complex stacking relations of them lead the difficulty to develop the oilfield. Based on the analysis of seismic data, well logging and core photos, the sedimentary characteristics of gravity flow channel complex of A oil layer is illustrated, the level of phase anatomy of channel complex is discussed, and it is suggested that the phase subdivision of composite channel is very practical. The method of phase subdivision by the way of multi-stage cycle correlation from well data to seismic data is proposed. Firstly, based on the core data, the phase and interface marks of deep water gravity flow composite channel are summarized; secondly, the core-scale phase of composite channel is divided, and the logging-scale phase of composite channel is determined by combining with logging data; finally, the seismic-scale phase of composite channel is determined by combining well and seismic data, and the seismic tracking interpretation is carried out. At last, on the basis of genetic analysis, a sedimentary evolution model of composite channel is established.

Key words: deep water gravity flow; channel complex; sedimentary characteristics; phase division; Niger Delta Basin

ZHANG Xu, First author: Engineer of CNOOC Research Institute, mainly engaged in development geology of oil and gas. Add: B607, Yard 6, Taiyanggong South Street, Chaoyang District, Beijing 100028, China