

doi:10.3799/dqkx.2012.010

# 刚果扇盆地上中新世深水水道充填结构及演化特征

刘新颖<sup>1,2</sup>, 于水<sup>1</sup>, 陶维祥<sup>1</sup>, 胡孝林<sup>1</sup>, 郝立华<sup>1</sup>

1. 中海油研究总院, 北京 100027

2. 中国石油大学(北京)博士后流动站, 北京 102249

**摘要:** 深水水道作为深水油气勘探的主力储层, 其内部结构及演化特征的研究对于深水油气田勘探和开发都具有非常重要的意义。基于钻井及3D地震资料, 对刚果扇盆地上中新世深水水道的内部充填期次、结构和演化特征进行了分析。从层序地层学的角度出发, 将研究区内的水道划分为多个不同级别层序格架内形成的水道单体和水道复合体, 从而对切谷内部的水道期次和组成特征进行精细表述。研究表明, 研究区内水道单体自下而上发育底部滞留、滑塌充填、侵蚀水道、加积水道、天然堤和废弃水道6种沉积微相类型, 整体表现为流体能量逐步降低的过程; 三级水道复合体形成于复杂的多期侵蚀—充填过程, 受到海平面变化、坡度及重力流流变学特征的影响, 纵向演化可划分为初始侵蚀、初始充填、加积充填、后期充填和水道废弃5个阶段, 各阶段切谷内充填结构和水道平面展布特征呈现有规律的变化。

**关键词:** 深水水道; 刚果扇; 上中新世; 充填期次; 充填结构; 演化阶段; 沉积学; 油气。

中图分类号: TE122

文章编号: 1000-2383(2012)01-0105-08

收稿日期: 2011-06-23

## Filling Architecture and Evolution of Upper Miocene Deep-Water Channel in Congo Fan Basin

LIU Xin-ying<sup>1,2</sup>, YU Shui<sup>1</sup>, TAO Wei-xiang<sup>1</sup>, HU Xiao-lin<sup>1</sup>, HAO Li-hua<sup>1</sup>

1. CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China

2. Postdoctoral Center of China University of Petroleum, Beijing 102249, China

**Abstract:** Deep-water channels are recognized as the very important hydrocarbon reservoir types in the oil industry. The research on the filling structure and evolution of deep water channel is very important for deep-water oil & gas exploration and development. In this paper, based on the well and 3D seismic data, the epoch, structure and evolution of Upper Miocene deep water channel in Congo Fan basin is analyzed. For the purposes of describing the internal architecture clearly, we divided the channels system into different grade channel complex and individual channel, which based on their sequence stratigraphic setting. Individual channel is mainly composed by 6 microfacies. From bottom to up, there are basal lags, slumps, eroded channels, stacked channels, levee, abandoned channels, which is the process of fluid energy gradually reducing; the 3th channel complex in the research area formed in a multi-stage process of erosion and filling. It can be divided into five evolution stages, including initial erosion stage, the initial filling stage, the stacking-filling stage, the later filling stage and the abandon stage. The different stages show the different filling architecture and distribution of 3th channel complex, which is controlled by the sea-level changes, the slope gradient and the rheological properties of gravity flow.

**Key words:** deepwater channel; Congo Fan; Upper Miocene; filling epoch; filling architecture; evolution stage; sedimentation; hydrocarbon.

深水水道是深水油气田的主要储层之一, 其重要性已经被近二十多年来的深水油气勘探活动所证实(Mayall and Stewart, 2000; Kolla *et al.*, 2001;

Beydoun *et al.*, 2002; Fonnesu, 2003; Posamentier, 2003; Posamentier and Kolla, 2003; Prather, 2003; Broucke *et al.*, 2004; Weimer, 2004; 蒋恕

基金项目: “十二五”国家科技重大专项(No. 2011ZX05030-003)。

作者简介: 刘新颖(1981—), 男, 工程师, 博士, 主要从事沉积与储层相关研究工作。E-mail: liuxy10@cnooc.com.cn

等, 2008; 姚根顺等, 2009; Yuan *et al.*, 2009; 吴景富等, 2010). 与此同时, 学术界对于深水水道沉积和储层特征的理解也不断深入, 但对深水水道内部充填过程、成因机理等方面的认识还存在一定的不足, 且存在很大的争议(庞雄等, 2007). 这在一定程度上限制了石油工业界对深水水道储层特征的认识, 也相应增加了深水油气勘探的风险. 本文以刚果扇盆地上中新世水道为例, 对深水水道内部充填期次、结构组成及演化特征进行探讨, 以期对本地区或相似地区的深水油气的勘探和开发有所指导.

### 1 区域概况

刚果扇盆地位于西非中南部, 是西非深水油气勘探的热点地区之一(Schoellkopf and Patterson, 2000; 张树林和邓运华, 2009), 是第三系以来发育的被动大陆边缘盆地, 叠合于下刚果盆地早白垩世裂谷充填之上. 盆地内发育了世界上第二大规模的深水扇——刚果扇. 刚果扇由东向西延伸 800 km, 面积可达 30 万 km<sup>2</sup>, 扇体物源主要为刚果河, 经东西走向的大型切谷输送至深水扇体系(图 1).

受地层差异抬升、盐岩活动和海平面升降的影响, 各时期刚果扇主体在平面上具有向北迁移、向海推进的趋势. 始新世刚果扇体规模较小, 只分布于古

刚果河河口, 即现今陆架范围内; 渐新世刚果扇主体分成南、北 2 支, 规模开始变大; 中新世扇体在北支的基础上继续向海推进; 上新世至更新世, 由刚果河供给的近东西向扇体在先期扇体的基础上推进更远, 北部奎卢河供给的北东向深水扇也推进至盆地内(图 1). 盆地内发现的深水油气主要分布在渐新世及中新世的深水水道储层中(Gardner and Borer, 2000).

本文的研究区位于中新世刚果扇体的北部, 区内上中新统地层发育 SE-NW 大型水道复合体(图 1), 整体宽度在 2~4 km 之间, 切深可达 200 m 以上, 研究区内具有全三维地震覆盖, T-1 井钻穿了研究区内的水道复合体, 且具备完善的测井、岩心资料.

### 2 研究区水道期次及层序划分

深水水道往往是以多期水道相互切割叠置的形式出现, 虽然在地震剖面上能够较为清晰的分辨出研究区水道切谷的整体形态及复合体的宏观轮廓, 但通常难以对其内部充填期次结构进行精细表述. 不同学者采用不同术语来表述水道整体或局部的外观形态, 如水道体、水道复合体、水道层、水道联合体、限制性水道体系等(Navarre *et al.*, 2002; Knel-ler, 2003), 但并没有对内部充填期次及规模做出严

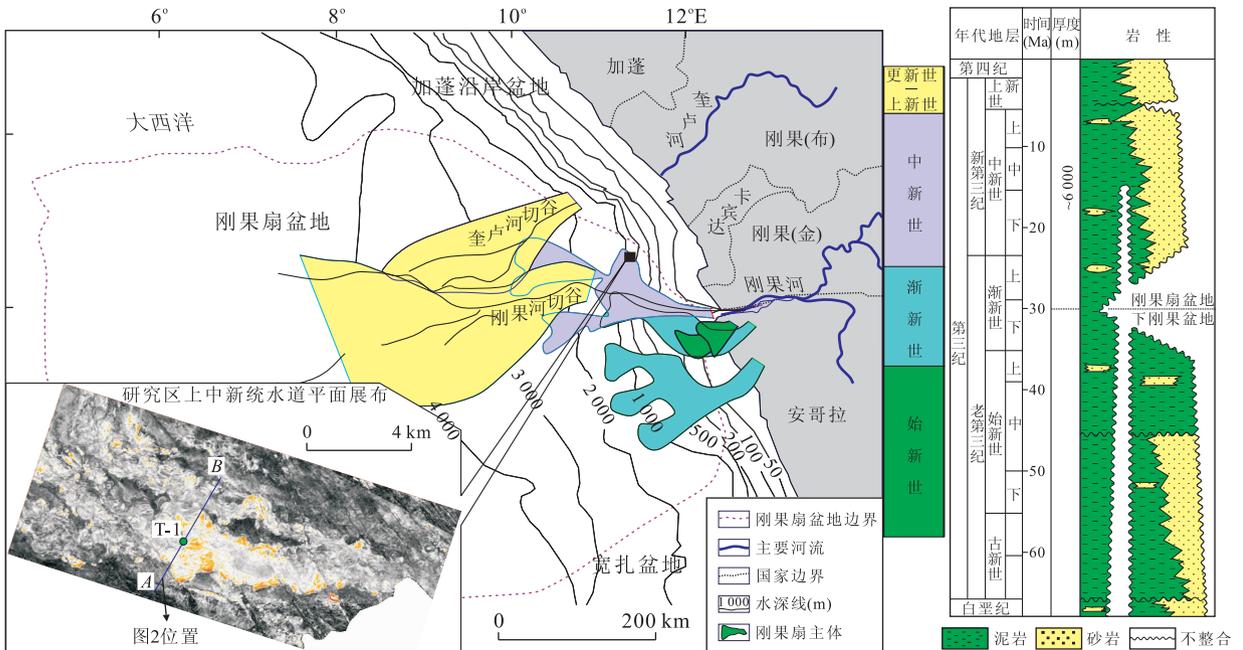


图 1 刚果扇演化及研究区上中新统水道平面展布

Fig. 1 Evolution of the Congo Fan and distribution of the Miocene channel in the study area

格的定义,在实际应用中容易产生一定程度的混淆. 本文结合层序地层学的观点对研究区内不同级别的水道进行划分和命名,以更为清晰的表述水道内部形成期次及充填结构.

根据区域地层对比及生物地层分析结果,认为研究区内上中新世水道体系发育在 2 个三级层序格架内,分别对应于全球海平面变化 TB3 层序(二级)中的 2 个三级层序(图 2). 依据层序划分的结果,将下部层序内发育的水道称为 3I 水道复合体,上部水道为 3II 水道复合体,其中数字 3 表示层序的级别,I 和 II 表示水道形成的先后;在 2 个三级水道内部根据侵蚀和接触关系,可进一步划分出 4 个四级层序下形成的水道复合体,其中 3I 由 4A、4B 两期四级水道复合体组成,3II 由 4C、4D 组成,四级水道复合体命名方式与三级水道类似. 本文将三级或更高级别水道侵蚀下切形成的低地形称为水道切谷,四级或更低级别水道侵蚀形成的低地形,称为水道侵蚀谷.

研究区内的 T-1 井钻穿了 4B 和 4D 两期水道复合体(图 2),其中 4B 水道复合体由 2 期水道(五级)充填,命名为 4B1 和 4B2 水道;上部的 4D 水道复合体由 4D1 和 4D2 水道组成. 这 4 个五级水道为单期水道沉积的完整或部分沉积序列,在测井和岩心上均表现为整体向上变细的正旋回(图 3). 在本研究区,将这种级别的水道命名为水道单体,与水道复合体相区别,水道单体构成了水道切谷和侵蚀谷

内部最基本的沉积单元.

### 3 水道单体内部结构及演化

从深水勘探实例和已发表的科研成果来看,刚果扇水道形成于复杂的侵蚀—过路—充填过程,水道切谷(侵蚀谷)内主要发育了碎屑流、颗粒流、液化流、浊流、滑塌、滑动等不同类型的重力流沉积物,充填的岩性从大型的漂砾、砾石、砂岩到泥岩,内部充填物的类型和结构复杂多样(Mayall and Stewart, 2000; Peakall *et al.*, 2000; Mulder *et al.*, 2003; Pirmez and Imran, 2003). 本文通过对 4B 和 4D 两期水道的岩心、测井及地震资料的综合分析,认为研究区水道单体发育了底部滞留、滑塌充填、侵蚀水道、加积水道、废弃水道和天然堤 6 种主要的沉积微相类型(表 1).

从底部滞留、滑塌充填、侵蚀水道、加积水道至废弃水道,水道单体的各个微相表现了流体能量逐步降低的沉积过程. (1)底部滞留和滑塌充填微相沉积物结构混杂、变形明显,形成于水道切谷(侵蚀谷)侵蚀或过路无沉积的末期,是该时期重力流流体中能量相对较弱的部分,滑塌充填还包括了从水道侵蚀谷壁或边部滑塌的沉积物(图 3a, 3b);(2)侵蚀水道微相主要分布于水道侵蚀谷的下部,也可出现在

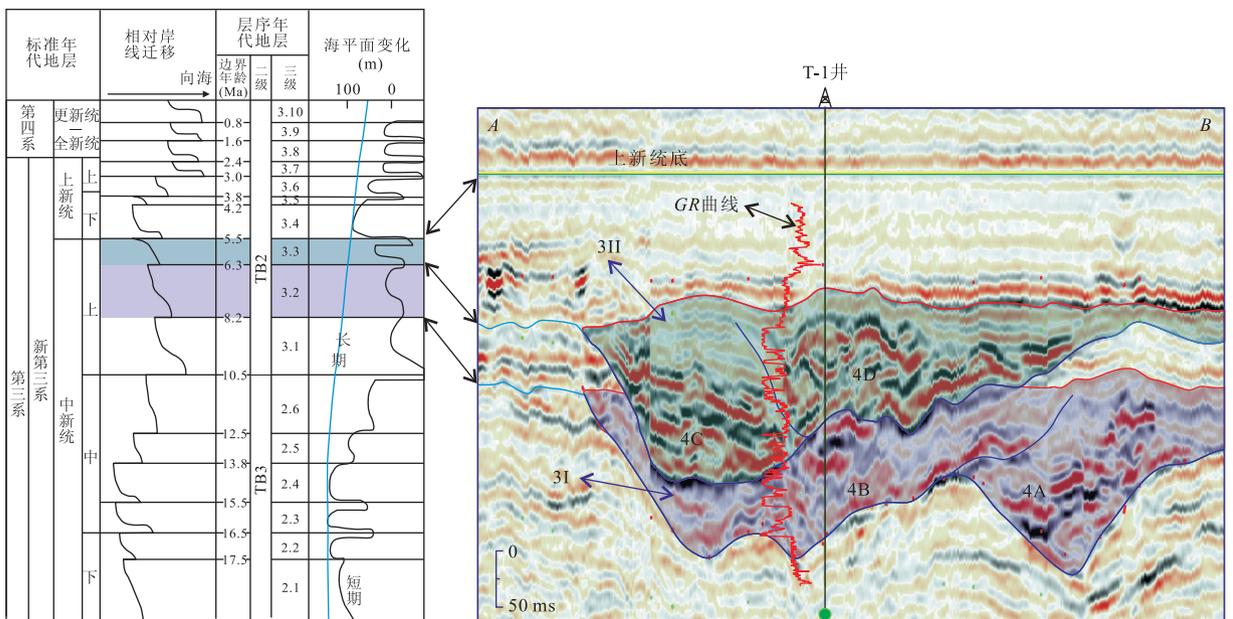


图 2 研究区水道层序及期次划分(剖面以上新统底拉平,位置见图 1)

Fig. 2 Division of sequence and epoch of channel in the study area

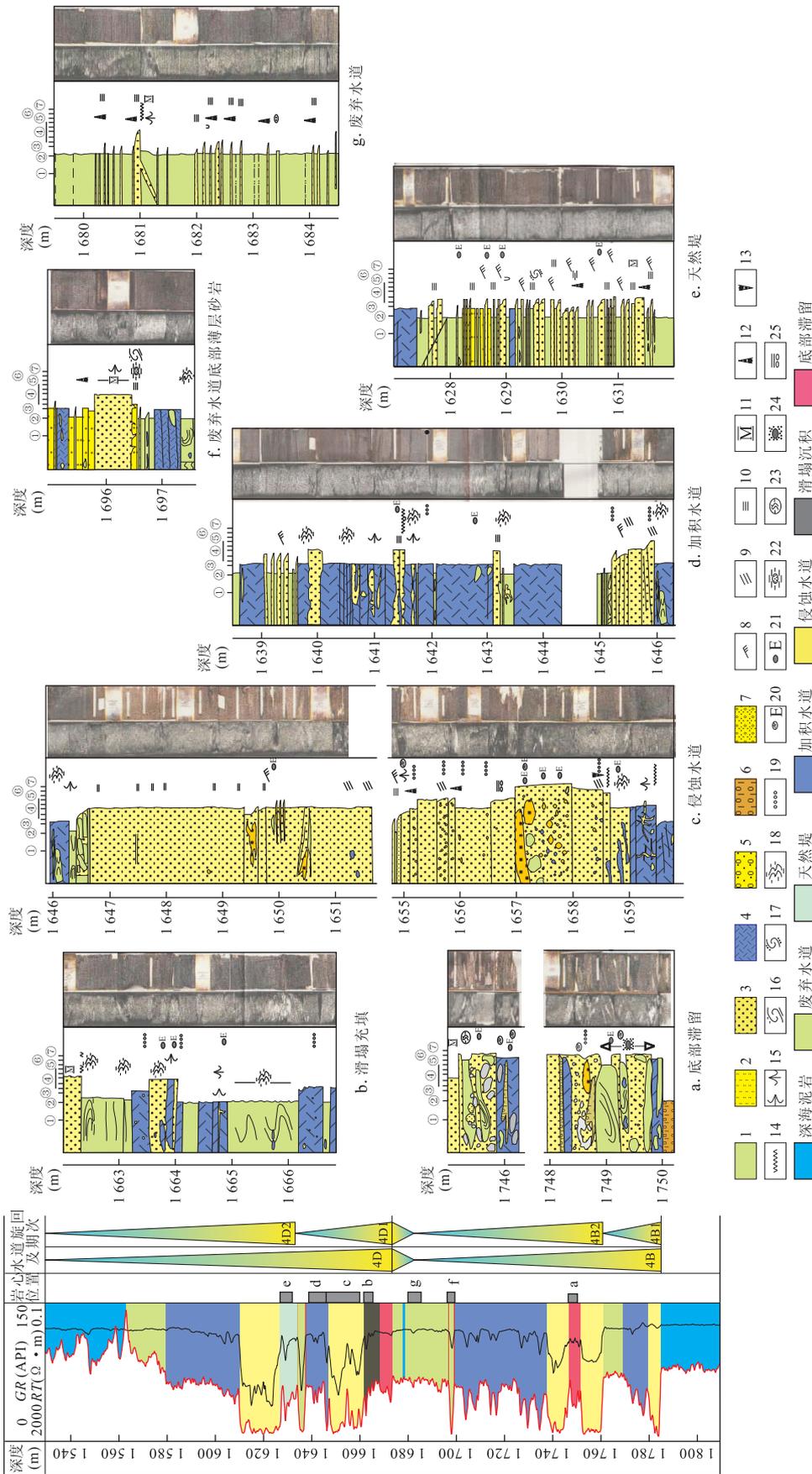


图 3 T-1 井单井层序划分及微相特征

Fig.3 Sequence division and microfacies character of well T-1

1. 泥质粉砂岩; 2. 粉砂岩; 3. 砂岩; 4. 砂质泥屑屑流; 5. 砂质砾岩; 6. 泥基质砾岩; 7. 砂基质砾岩; 8. 波状交错层理; 9. 斜层理; 10. 平行层理; 11. 块状;
12. 正粒序递变; 13. 反粒序递变; 14. 侵蚀面; 15. 水平/垂向侵入; 16. 包卷层理; 17. 砂质包卷; 18. 泥质变形; 19. 砾; 20. 外源砂质碎屑; 21. 外源碎屑;
22. 砂质漂砾; 24. 泥质漂砾; 25. 定向排量; ①. 泥; ②. 泥质粉砂; ③. 粉砂; ④. 砂; ⑤. 细砾; ⑥. 中砾; ⑦. 粗砾

表 1 研究区水道单体沉积微相特征

Table 1 Microfacies character of individual channel in the study area

微相类型	岩性	沉积构造	厚度	测井曲线	地震反射特征
底部滞留	粉砂质泥岩或砂岩基质下混杂的粗砂、砾石、泥砾	混杂的块状,层理不明显	<5 m	低幅度齿状箱型	不连续弱振幅
滑塌充填	泥质粉砂岩、泥岩为主,局部含粗碎屑或泥砾	变形相关构造层理,局部见砂层侵入	<10 m	低幅度齿状	不连续弱振幅
侵蚀-充填水道	块状细砂至粗砂、砂砾岩为主;含砾级外源碎屑颗粒	正粒序递变层理、斜层理、平行层理、粗颗粒定向排列	10 cm 至 10 m	高幅度箱型或齿化箱型	不连续的中、强振幅
加积水道	泥质粉砂岩夹薄层砂岩,局部含砾级外源碎屑颗粒	变形相关构造层理,可见砂岩侵入	几十 m	中高幅指状或齿状箱型	不连续的强振幅
废弃水道	泥质粉砂岩夹薄层砂岩	正粒序层理、平行层理、泄水构造	几十 m	低幅度齿状曲线	中连续的中、强振幅
天然堤	泥质粉砂岩中夹分米级别细砂岩、粉砂岩薄层	波状层理、平行层理、正粒序递变层理、砂质包卷层理		中幅度指状或齿状曲线	连续性好的中、强振幅,平行、亚平行发射

由天然堤限定的建设性水道底部,体现了水道沉积逐步由下切侵蚀向沉积充填转化的过程,沉积物也从含外源碎屑或漂砾的砂岩向纯净的块状砂岩演化,这个阶段沉积了整个水道单体中最为富砂的部分(图 3c);(3)加积水道微相沉积时期,水道内重力流流体能量进一步降低,侵蚀微弱,沉积物的泥质含量增多,单层砂岩厚度减薄,水道单体整体上表现出向上不断加积的趋势(图 3d);(4)天然堤微相发育在加积水道的边缘,对加积水道的持续沉积起到了一定的限定作用(图 3e);(5)废弃水道微相沉积时期,重力流流体能量已非常微弱,流体性质也由以碎屑流为主转化为以浊流为主,底部可能出现平面分布较广的、厚度在 1 m 左右的薄层砂岩沉积(图 3f),为水道废弃初始阶段能量相对较强的沉积物,向上沉积物以泥质粉砂岩为主,夹有发育正粒序递变层理的薄砂层,无明显变形,表明了本阶段沉积物的低密度浊流成因(图 3g).随着废弃水道微相的发育,水道侵蚀谷(切谷)逐渐被填平,至此一个完整的水道单体序列发育完成,多个水道单体在水道切谷或侵蚀谷内的相互垂向切割、叠置及平面迁移构成了更高级别的水道复合体沉积。

#### 4 三级水道复合体内部演化特征

研究区内三级水道复合体是由多期低级别水道构成的,表现了多期侵蚀-过路-充填的过程,后期水道复合体对先期的水道复合体还可能存在一定的切割和叠置(图 4),这使得三级切谷内部的充填特征更为复杂.从 T-1 井钻井揭示的特征来看,由于受到海平面变化、坡度及重力流流体的流变学特

征影响,三级水道复合体在发育的不同阶段,内部的沉积微相类型和储层特征也具有较大的差异(图 3).由于研究区内的 3I 水道受到上部 3II 水道的切割,并没有保留完整的三级水道复合体沉积旋回(图 2),本文以上部保存相对完整的 3II 水道复合体为例,对刚果扇三级水道复合体内部演化特征进行分析。

对 3II 水道的顶面进行地震追踪,以其顶面向下开窗对 3II 水道进行属性提取,揭示了不同演化阶段水道复合体的平面展布特征,同时依据横切水道的地震剖面解释及 T-1 井钻井资料,将 3II 水道复合体划分为 5 个主要的演化阶段(图 4):

(1)初始侵蚀阶段:3II 水道复合体的演化开始于重力流流体的向下侵蚀过程,虽然没有合适的地震属性图对该阶段进行表征,但这个阶段对于水道的发育至关重要,为三级或更低级别水道的沉积提供了空间基础.由于本阶段重力流流体具有最大的侵蚀能力,沉积物不断侵蚀沟谷或过路不留,形成了 3II 水道的 U 型切谷形态.该阶段末期,随着流体能量降低,部分富含泥质碎屑的滞留沉积物和从重力流尾部分异出的细粒沉积物可能沉积于切谷底部。

(2)初始充填阶段:随着流体能量的降低,3II 切谷内部由过路无沉积过渡到水道复合体的初始沉积阶段,首先在四级侵蚀谷底部沉积了最粗粒的底部滞留沉积,但由于后期水道的侵蚀作用,滞留沉积物可能只保存在侵蚀谷的两侧,同时沉积的还有大量来自水道上部或者侵蚀谷边部的块体搬运沉积(图 3);随后,流体能量持续降低,富砂的沉积物开始堆积在侵蚀谷内,一些细粒的沉积物可能以溢岸沉积的形式开始沉积,但由于其较低的沉积速率及

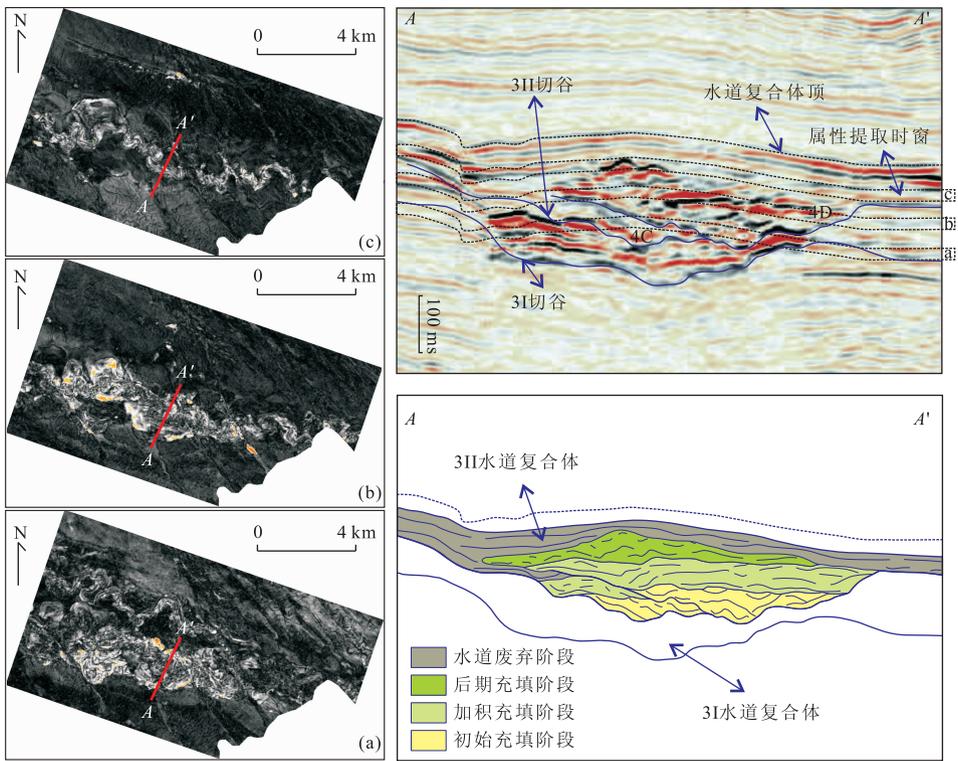


图 4 研究区 3II 水道复合体演化特征

Fig. 4 Evolution of channel complex 3II in the study area

后期水道侵蚀和再作用,溢岸沉积一般较少保存.伴随着切谷内部水道侵蚀再作用,在 4C 水道和 4D 水道的底部表现出侧向迁移和下切的地震反射特征,说明了在 3II 切谷限定下,能量较强的沉积物在内部不断重复侵蚀—充填的过程,甚至出现四级水道复合体间的相互侵蚀—充填的过程,在 3II 切谷内部沉积了高度叠合、侧向迁移的富砂水道(图 4a).

(3)加积充填阶段:随着流体能量继续减弱,切谷内部以沉积充填作用为主,但在每个水道的轴向位置,侵蚀能力依然较强.这个阶段随着四级侵蚀谷内部沉积作用的加剧,溢岸沉积不断增加,但由于四级侵蚀谷的限定,溢岸沉积物一般不会溢出侵蚀谷,这使得侵蚀谷内部具有较高的沉积速率,伴随着溢岸沉积物的不断向上堆积,形成了未填满的低地形,这些低地形会对后期水道沉积产生一定的限定作用,但对于能量相对较强的后期水道,并不能产生完全的限定,这种介于限定和非限定之间的状态,在 4C 和 4D 侵蚀谷内部表现出平行充填和侵蚀充填共存的反射特征(图 4),说明加积与侧向迁移的共存,四级侵蚀谷内部表现出无规律的加积充填特征(图 4b),直至四级侵蚀谷被填平.

(4)后期充填阶段:随着四级侵蚀谷的填平和能

量的持续减弱,沉积物流体泥质含量继续增加,溢岸沉积物高速垂向加积,地震剖面上表现出明显丘状外形(图 4).由于四级侵蚀谷对沉积物已经不具有限定作用,相对富砂的水道沉积物绝大多数被限制在由溢岸沉积物向上加积形成的低地形中,内部侵蚀作用只发生在水道的侧壁,水道轴向发生侧向迁移,在平面上表现为一系列高弯曲度的加积水道(图 4c).

(5)水道废弃阶段:由于整个 3II 切谷内沉积物供给减少和流体能量减弱,含泥量较高的低密度浊流占据主导地位,废弃水道微相发育(图 3),切谷内部垂向加积,在地震剖面上表现出连续性较好的中—强振幅平行反射(图 4).最终,整个切谷被夷平,3II 水道演化结束.

综上所述,三级水道复合体形成于多期侵蚀充填过程,每个阶段切谷内部充填结构及水道复合体的平面展布都表现出一定的规律,富砂沉积物主要发育在初始充填阶段,加积充填和后期充填阶段次之.由于各演化阶段的发育明显受到切谷内重力流流体能量的控制,在不同的坡度和空间位置,切谷内部结构往往非常复杂,可能并不能完全发育上述 5 个阶段,当坡度较大,水道体系位置相对靠近物源

时,重力流流体能量较强,水道切谷内部可能以初始侵蚀、初始充填等阶段的产物为主,后 3 个阶段的沉积物可能较少,反之亦然。

## 5 结论

(1)深水水道常以多期水道相互切割叠置的形式出现,在实际应用中,可以从层序地层学的观点出发,对不同级别的水道进行划分和命名,更清晰地表述水道内部形成期次及充填结构。

(2)基于研究区钻井及岩心资料,水道单体由底部滞留、滑塌充填、侵蚀水道、加积水道、废弃水道和天然堤 6 种主要微相构成,各微相表现出不同类型的重力流性质及流体能量大小。多个水道单体在水道切谷或侵蚀谷内相互垂向切割、叠置及平面迁移,就构成了更高级别的水道复合体沉积。

(3)研究区三级水道复合体形成于多期侵蚀充填过程,其充填演化可以划分为 5 个演化阶段,各阶段体现出了多期或单期重力流流体能量的阶段性变化,水道内部充填结构及特征也随之发生有规律的变化,但受坡度和水道发育位置的影响,不同三级水道复合体的内部演化特征可能存在差异。

## References

Beydoun, W. , Kerdraon, Y. , Lefevre, F. , et al. , 2002. Benefits of a 3DHR survey for Girassol field appraisal and development, Angola. *The Leading Edge*, 21: 1152—1155. doi: 10.1190/1.1523744

Broucke, O. , Temple, F. , Rouby, D. , et al. , 2004. The role of deformation processes on the geometry of mud-dominated turbiditic systems, Oligocene and Lower-Middle Miocene of the Lower Congo basin (West African margin). *Marine and Petroleum Geology*, 21: 327—348. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2003.11.013

Fonnesu, F. , 2003. 3D seismic images of a low-sinuosity slope channel and related depositional lobe (West Africa deep-offshore). *Marine and Petroleum Geology*, 20(6—8): 615—629.

Gardner, M. H. , Borer, J. M. , 2000. Submarine channel architecture along a slope to basin profile, Brushy Canyon Formation, West Texas. *AAPG Memoir 72/SEPM Special Publication*, 68: 195—211.

Jiang, S. , Wang, H. , Weimer, P. , 2008. Sequence stratigraphy characteristics and sedimentary elements in deep-water. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 33(6): 825—833 (in Chinese with English

abstract).

Kneller, B. , 2003. The influence of parameters on turbidite slope channel architecture. *Marine and Petroleum Geology*, 20: 901—910. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2003.03.001

Kolla, V. , Bourges, P. , Urrity, J. M. , et al. , 2001. Evolution of deep-water tertiary sinuous channels offshore Angola (West Africa) and implications to reservoir architecture. *AAPG Bulletin*, 85: 1373—1405. doi: 10.1306/8626CAC3—173B—11D7—8645000102C1865D

Mayall, M. , Stewart, I. J. , 2000. The architecture of turbidite slope channels. GCSSEPM foundation 20th annual research conference deep-water reservoirs of the world, Houston, 578—586.

Mulder, T. , Syvitski, J. P. M. , Migeon, S. , et al. , 2003. Marine hyperpycnal flows: initiation, behavior and related deposits (A review). *Marine and Petroleum Geology*, 20: 861—882. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2003.01.003

Navarre, J. C. , Claude, D. , Librelle, F. , et al. , 2002. Deepwater turbidite system analysis, West Africa: sedimentary model and implications for reservoir model construction. *The Leading Edge*, 21(11): 1132—1139. doi: 10.1190/1.1523754

Pang, X. , Chen, C. M. , Zhu, M. , et al. , 2007. Frontier of the deep water deposition study. *Geological Review*, 53(1): 36—43 (in Chinese with English abstract).

Peakall, J. , McCaffrey, W. D. , Kneller, B. , 2000. A process model for the evolution, morphology, and architecture of sinuous submarine channels. *Journal of Sedimentary Research*, 70(3): 434—448. doi: 10.1306/2DC4091C—0E47—11D7—8643000102C1865D

Pirmez, C. , Imran, J. , 2003. Reconstruction of turbidity currents in Amazon Channel. *Marine and Petroleum Geology*, 20: 823—849. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2003.03.005

Posamentier, H. W. , 2003. Depositional elements associated with a basin floor channel-levee system: case study from the gulf of Mexico. *Marine and Petroleum Geology*, 20: 677—690.

Posamentier, H. W. , Kolla, V. , 2003. Seismic geomorphology and stratigraphy of depositional elements in deep-water settings. *Journal of Sedimentary Research*, 73(3): 367—388. doi: 10.1306/111302730367

Prather, B. F. , 2003. Controls on reservoir distribution, architecture and stratigraphic trapping in slope settings. *Marine and Petroleum Geology*, 20: 529—545.

Schoellkopf, N. B. , Patterson, B. A. , 2000. Petroleum systems of offshore Cabinda, Angola. *Petroleum Systems*

of South Atlantic Margins, AAPG Memoir, 73: 361-376.

Weimer, P., 2004. Petroleum systems of deepwater settings. *EAGE, Distinguished Instructor*, 7: 470.

Wu, J. F., Xu, Q., Zhu, Y. H., 2010. Generation and evolution of the shelf-edge delta in oligocene and miocene of Baiyun sag in the South China Sea. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 35(4): 681-690 (in Chinese with English abstract).

Yao, G. H., Yuan, S. Q., Ma, Y. B., et al., 2009. Deepwater mass transport deposition system of Huaguang depression, Qiongdongnan basin and its significance for hydrocarbon exploration. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 34(3): 471-476 (in Chinese with English abstract).

Yuan, S. Q., Yao, G. H., Lu, F. L., et al., 2009. Features of Late Cenozoic deepwater sedimentation in southern Qiongdongnan basin, northwestern South China Sea. *Journal of Earth Science*, 20(1): 172-179.

Zhang, S. L., Deng, Y. H., 2009. Oil and gas exploration strategy of Lower Congo basin. *Marine Geology Letters*, 25(9): 24-29 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

蒋恕, 王华, Weimer, P., 2008. 深水沉积层序特点及构成要素. *地球科学——中国地质大学学报*, 33(6): 825-833.

庞雄, 陈长民, 朱明, 等, 2007. 深水沉积研究前缘问题. *地质论评*, 53(1): 36-43.

吴景富, 徐强, 祝彦贺, 2010. 南海白云凹陷深水区渐新世—中新世陆架边缘三角洲形成及演化. *地球科学——中国地质大学学报*, 35(4): 681-690.

姚根顺, 袁圣强, 马玉波, 等, 2009. 琼东南华光凹陷深水重力搬运沉积体系及其油气勘探. *地球科学——中国地质大学学报*, 34(3): 471-476.

张树林, 邓运华, 2009. 下刚果盆地油气勘探策略. *海洋地质动态*, 25(9): 24-29.

\*\*\*\*\*

《地球科学——中国地质大学学报》

2012年 第37卷 第2期 要目预告

水—岩相互作用研究的机遇与挑战 .....	沈照理等
中国东部主要平原地下水质量与污染评价 .....	文冬光等
太原盆地区碳酸岩中—低温地热系统演化 .....	马 腾等
再生水地表回灌补给地下水的水质安全保障体系 .....	靳孟贵等
盆地地下水流模式及其转化与控制因素分析 .....	梁 杏等
地下水污染风险源识别与分级方法 .....	金爱芳等
缺土的板寨原始森林区岩溶地下河系统的水—碳动态特征 .....	曾 成等
不同 SAR 条件下滨海含水层胶体释放与渗透性变异 .....	李海明等
关于巴丹吉林沙漠湖泊形成机制的初步看法 .....	郭永海等
Mn-Cr(VI)在水—土—岩系统内的交互作用 .....	邹胜章等