

苏丹 Muglad 盆地 Fula 凹陷 Jake 地区白垩系 层序地层及沉积演化特征

陈 诚, 朱怡翔, 李顺明, 石军辉, 韩如冰

(1. 中海油研究总院有限责任公司, 北京 100028; 2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 3. 中国石油尼罗河有限公司, 苏丹)

摘要:为揭示苏丹 Muglad 盆地 Fula 凹陷 Jake 地区层序地层特征及沉积体系分布规律, 应用层序地层学及沉积学理论和方法, 综合利用岩心、测井和三维地震资料, 建立了 Jake 地区层序地层格架, 将早白垩世进一步分为 7 个三级层序, 确定了研究区沉积相类型及分布特征。研究结果表明, Jake 地区白垩系由于构造活动较为活跃, 水深的变化造成快速的沉积相变, 其中 Abu Gabra 组沉积类型由深水沉积变化为浅水沉积, 由下至上依次发育扇三角洲-水下扇-辫状河三角洲沉积, Bentiu 组沉积时构造较为稳定, 垂向上从辫状河-曲流河演化为三角洲。

关键词:层序地层; 沉积相演化; 白垩系; Jake 油田; Muglad 盆地

中图分类号:TE122 **文献标志码:**A

Sequence stratigraphy and sedimentary evolution of Cretaceous in Jake Oilfield of Fula Sag in Muglad Basin, Sudan

CHEN Cheng¹, ZHU Yixiang², LI Shunming², SHI Junhui³, HAN Rubing²

(1. CNOOC Research Institute, Beijing 100028, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China;

3. CNPC International (Nile) Limited, Sudan)

Abstract: In order to reveal the sequence stratigraphic characteristics and sedimentary system distribution law, the sequence-stratigraphic and sedimentologic theories and methods were employed in the Cretaceous of Jake Oilfield in Fula Sag of Muglad Basin, Sudan. The core, logging, and 3-D seismic data were comprehensively used to establish the sequence stratigraphic framework, determine the types and distribution of sedimentary facies, and understand evolution pattern and controlling factors in the formation. The early Cretaceous can be divided into 7 three-order sequences. Due to the active tectonic activity, the depth of water varied and depositional facies varied vertically from fan delta to submarine fan and then to braided river delta in Abu Gabra Formation. In comparison, the tectonic activity of Bentiu Formation was inactive and depositional facies varied from braided river to meandering river and then to delta.

Key words: sequence stratigraphy; depositional system; the Cretaceous; Jake Oilfield; Maglad Basin

非洲东部发育大量的裂陷盆地, 其内部因含有大量的油气而在近年来引起广泛关注。Jake 油田位于苏丹最大的裂谷盆地 Muglad 盆地内, 其白垩系储层自 2005 年正式投入开发以来, 以其成本低(每桶发现成本不足 1 \$), 产量高(日产近 20 000 桶), 品质好(以稀油为主)而受到了高度重视。目前 Jake 油田主力产区集中在西南部构造高部位, 而东部具有油气显示的新井说明构造低部位存在获得工业油流的潜力。目前, Muglad 盆地已有层序地层、沉积体系、沉积和成藏模式的大量研究成果^[1-5], 但主要区

域为 Fula 凹陷的下白垩统 Abu Gabra 组, 而对整个白垩系的层序地层分析和沉积体系研究尚不充分, 油气富集规律认识不清, 阻碍了发现新区块的步伐。本次研究, 一方面结合岩心、测井和三维地震资料, 明确 Jake 地区的层序地层结构; 另一方面, 在高精度

收稿日期: 2019-09-09; 改回日期: 2020-04-20。

第一作者简介: 陈诚(1990—), 博士, 从事油气田开发地质研究。

E-mail: mqx1415@126.com。

基金项目: 国家油气重大专项课题(2016ZX05010)。

层序格架内进行沉积体系研究,通过研究Fula凹陷西北部的边界断层,厘清Jake地区断裂活动对沉积体系发育的影响。建立该地区的沉积体系和沉积模式,不仅可为开发井网的布置和调整提供可靠的依据,为进一步的勘探开发提供研究基础,对于有利区块的预测也具有重要的借鉴意义。

1 研究区概况及构造特征

Fula凹陷位于Muglad盆地内,为北北西-南南东走向的被动裂谷盆地,凹陷内部划分为7个构造单元^[5]。Jake地区位于Fula凹陷西北缘的北部次凹内部,西邻边界断层带,面积约为187 km²(图1),其白垩系自下而上沉积了AbuGabra组、Bentiu组和Darfur群(图2)。Abu Gabra时期构造活动活跃,Bentiu和Darfur时期构造相对稳定,为盆地拗陷期,而到Darfur群晚-末期,构造活动重新活跃^[6-7],在Jake地区形成“两断一拗”的3期构造层。

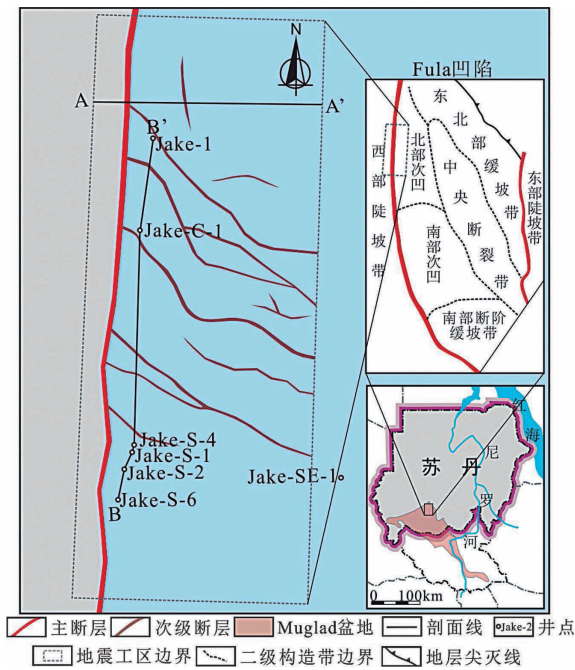


图1 研究区位置

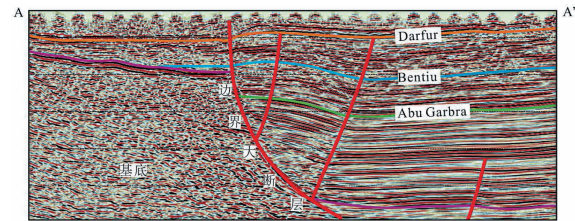


图2 Jake地区西部陡坡带构造剖面(剖面位置见图1)

早白垩世非洲-南美泛大陆裂开^[8],强烈的断陷作用使盆地可容空间迅速增大,随着大量沉积物近源卸载,后期可容空间逐渐减小;到早白垩世晚期,

构造相对稳定,断陷盆地转化为拗陷盆地;伴随着原始大西洋的扩张,晚白垩世盆地构造重新活跃,中非大断裂的走滑作用对Muglad盆地发生强烈改造,形成第二期裂陷构造层。

2 地层格架的建立

本文应用陆相层序地层学理论和方法,根据岩性的不同、测井曲线的回返幅度差和地震同相轴振幅和连续性的差异,按照“分级控制,旋回对比”的思路,参考Muglad盆地已有层序地层划分方案,建立研究区不同级次的层序地层格架。

2.1 地层发育特征

Muglad盆地白垩系为一套陆源碎屑沉积,最大厚度15 000 m,发育在前寒武系变质岩基底上^[9]。下白垩统AbuGabra组以砂泥互层为主,下部为一套中-粗粒灰白色碎屑岩夹棕红色、棕灰色和灰色泥岩;中部为浅-深灰色、棕色泥岩夹灰白色砂岩;上部岩性变粗,砂岩较为发育,为灰白色砂岩、粉砂岩和灰色泥岩互层,局部为厚层砂岩夹薄层泥岩,偶见煤线。下白垩统Bentiu组发育灰绿色、灰色砂岩和褐色泥岩,局部含砾,砂岩粒度变化大,主要为厚层砂岩夹薄层粉砂岩。上白垩统Darfur群以还原环境下发育的灰色泥岩、砂质泥岩和粉砂岩为主。

2.2 二级层序界面的识别

二级层序划分的依据是二级幕式构造旋回^[10]。Muglad盆地白垩系可划分出两个构造幕,下白垩统为一完整的构造幕,包括早期断陷阶段和晚期拗陷阶段;上白垩统属于第二幕的早期断陷阶段,与上覆古新统Amal组共同构成一个完整的构造幕^[11-12]。本次识别出SB1~SB8共8个层序界面。构造幕边界SB0、SB7和SB8及其内部断-拗转换面SB4界线明显,以此作为区域二级层序的边界(图3)。

白垩系底界面SB0对应的是下白垩统与前寒武系的角度不整合面,为Muglad盆地规模最大的不整合面之一。界面之下主要发育花岗片麻岩,界面之上发育砂砾岩。SB4是AbuGabra组与Bentiu组的分界面,为第一构造幕断-拗转换的界面。岩心上,下伏AbuGabra组顶部砂泥岩与界面之上的Bentiu厚层砂岩呈突变接触。测井曲线上,界面之下伽马值中等、电阻率中等,整体呈漏斗状;界面之上测井曲线为齿化的箱形,伽马值小,电阻率值大,界面上下可识别出曲线的突变。地震剖面上,同相轴由亚平行-低

振幅变为平行-高振幅的反射。SB7是Bentiu组和Darfur群的界面,是上白垩统Cenomanian阶^[11-14]与Turonian阶之间的不整合面,受米兰科维奇旋回周期控制,在Cenomanian中期和末期分别发生两次全球性海平面快速下降^[15],基准面短暂大幅度降低,形成一套区域不整合面,不整合面上部气温迅速回升,形成一套稳定泥岩段,测井曲线由下至上回返明显,地震剖面由中振幅-较连续-平行反射变为强振幅-好连续-平行反射。SB8是白垩系Darfur群和古近系Amal组的分界,为一基准面下降所形成区域不整合面,界面之下的砂泥岩与界面之上的砂砾岩突变接触。测井曲线上表现为向上伽马值减小,电阻率值增大。在地震剖面上表现为由亚平行-低振幅向上变为平行-高振幅反射。

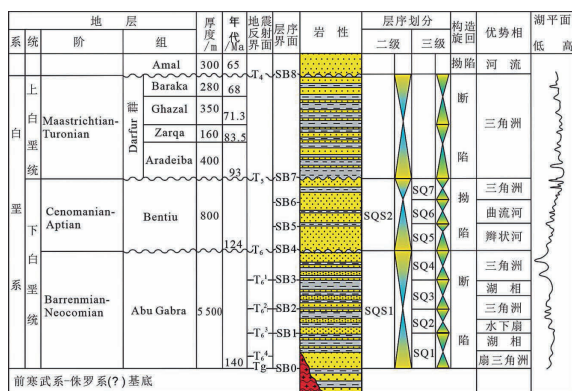


图3 层序地层综合分析

2.3 三级层序界面的识别

陆相盆地三级层序是反映湖平面变化的层序地层基本单元。三级层序界面对应的是可容空间与物源供给关系发生明显转化的时期,一般表现为不整合面或由进积向退积转变的整合面^[16]。Abu Gabra组和Bentiu组内部地层连续沉积,无明显不整合面,但在退积层序变为进积层序的转换处岩性整体逐渐变粗;对应测井曲线伽马值由高变低,电阻率由小变大;地震剖面反射轴连续性变好,振幅由中等变强。以此为依据在Abu Gabra组和Bentiu组内分别划分出SB1、SB2、SB3、SB5和SB6五个三级层序界面。

2.4 层序划分

在层序边界SB0~SB8的控制下,Jake地区白垩系至古近系可划分为下白垩统(SQS1)和上白垩统(SQS2)两个二级层序。SQS1由下至上进一步划分为SQ1~SQ7七个三级层序,其中Abu Gabra组可划分为4个三级层序SQ1~SQ4,Bentiu组可划分为3个三级层序SQ5~SQ7(图3)。

3 沉积相类型及特征

Jake地区目前共有37口井,其中取心井4口,主要分布在西部构造高部位,岩心和测井资料能识别岩性、构造和沉积特征来判断相类型,而三维地震资料能显示沉积体分布和地貌特征^[17]。本文利用岩心、测井和三维地震资料,结合地震沉积学方法^[18],研究Jake地区早白垩世沉积相类型及其分布规律。

3.1 扇三角洲

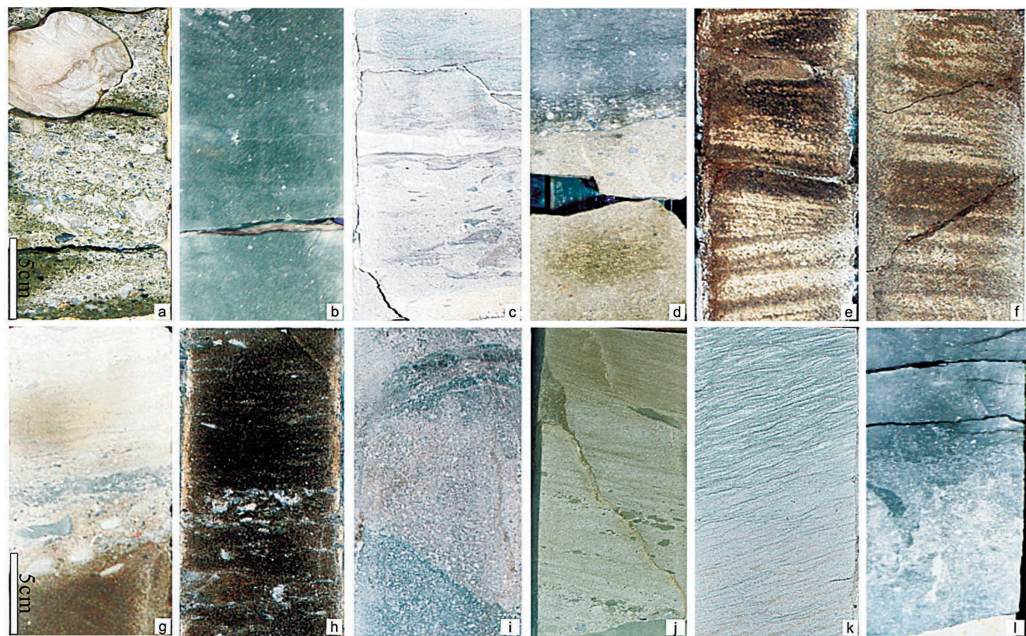
Abu Gabra中下部主要发育扇三角洲^[19],岩性主要为黄色-灰色砂砾岩,泥质含量高,重力流搬运,分选磨圆差(图4a),可见下粗上细的粒序层理,测井曲线呈钟形(图5a),顺物源地震剖面表现为中振幅-不连续反射或呈前积反射,厚度可达200~300 m,由西向东厚度骤然减薄,在扇三角洲远端地震同相轴变为强振幅-平行反射,表明扇三角洲相转变为湖相沉积。

3.2 水下扇

与三角洲相比,水下扇为深水环境沉积,泥岩更深(图4b、4c),由下至上多为正旋回^[20](图5a)。研究区水下扇岩性为灰色含砾粗砂岩和深灰色-黑色泥岩,重力流沉积为主,粗细粒混杂,分选和磨圆差(图4d)。沉积构造主要为块状、平行层理,可见变形构造。Abu Gabra组沉积时,地层受到牵引作用影响,在西部大断裂附近沉积坡度较陡,而该时期基准面降低,沉积物冲出山口后并不立即发散,而是沿斜坡发育条带状下切谷向沉积中心迁移,在平缓处发散形成扇体^[21-22]。地震振幅切片显示,Jake地区北部发育一条下切谷,而南部发育多条,说明南部物源供给更为充分。下切谷内主要发育砂砾岩,可作为油气的优势运移通道。

3.3 辫状河三角洲

研究区辫状河三角洲在平面上呈扇状展开(图5b),发育三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲三种亚相。三角洲平原以大型分流通河道为主,岩性为黄色、灰色和淡棕色粉-细砂岩、中砂岩和粗砂岩,分选中等-好,次圆状-圆状,局部钙质含量高,发育低角度槽状和板状交错层理(图4e)、脉状交错层理、平行层理(图4f)。河道底部常见砾石滞留沉积(图4g),可达1 m厚,偶见河道下切。储集岩厚度6~22 m不等,在河道末端厚度约为2 m。测井曲线呈现出钟形或略呈箱形。



a.含砾粗砂岩,粒序层理,AbuGabra组,Jake-S-4井,埋深2 585.3~2 585.5 m;b.泥岩,块状,AbuGabra组,Jake-S-4井,埋深2 469.87~2 470.07 m;c.粉砂质泥岩,块状,变形构造,Jake-S-2井,埋深1 453.4~1 453.6 m;d.泥岩-含砾中砂岩,Jake-S-4井,Bentiu组,埋深2 471.77~2 471.97 m;e.粗砂岩,交错层理,Bentiu组,Jake-S-3井,埋深1 454.87~1 455.07 m;f.粗砂岩,平行层理,Bentiu组,Jake-S-3井,埋深1 455.77~1 455.97 m;g.含砾中砂岩,河道底部滞留沉积,Bentiu组,Jake-S-2井,埋深1 449.6~1 449.8 m;h.含泥砾粗砂岩,Jake-S-2井,埋深1 545.6~1 545.8 m;i.黄绿-灰绿色粗砂岩,Bentiu组,Jake-S-2井,埋深1 534.1~1 534.3 m;j.泥质粉砂岩,小波纹层理,Bentiu组,Jake-S-2井,埋深1 515.5~1 515.7 m;k.含泥砾中砂岩,平行层理,低角度交错层理,Jake-S-4井,埋深2 464.5~2 464.7 m;l.粉砂质泥岩,块状,虫孔构造,Jake-S-4井,埋深2 471.37~2 471.57 m

图4 Jake地区典型沉积构造

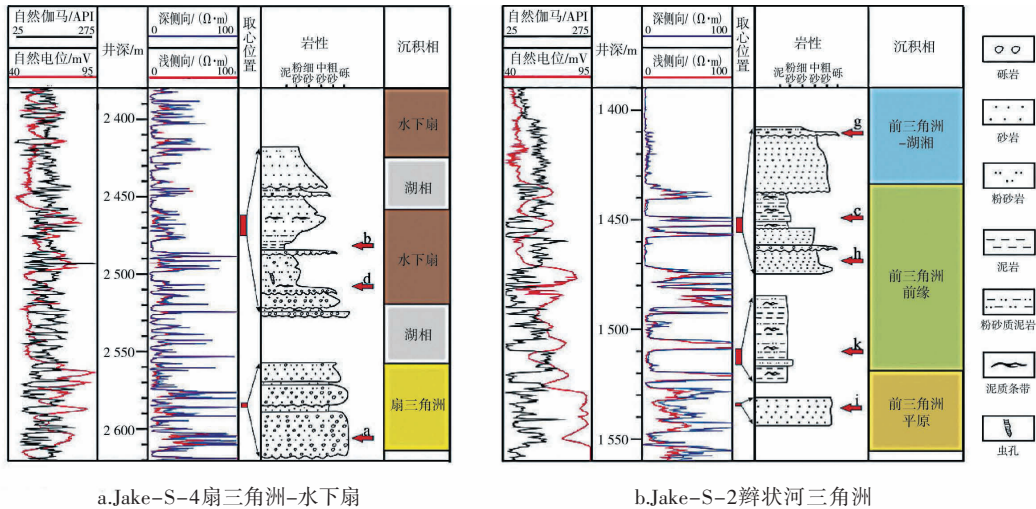


图5 扇三角洲-水下扇与辫状河三角洲单井相特征

三角洲前缘主要发育水下分流河道和河口坝。水下分流河道为平原分流河道水下的延伸,发育中-粗砂岩,常含泥砾(图4h),粒度较平原分流河道细,发育于弱氧化-还原环境,岩性呈黄绿-灰绿色(图4i)。河口坝主要发育灰色细砂岩和粗砂岩,也发育黏土岩和钙质砂岩,生物扰动强烈,偶见植物根系。沉积构造主要为块状、平行层理和低角度交错层理(图4j),存在变形和生物扰动构造。河口坝沉积多表现出向上变粗的趋势,在顶部可见砾石散布。

由于河道分叉和改道,河口坝表现出移动、合并和侧向相变等特点。自然电位呈箱形或漏斗状。

前三角洲为灰色厚层泥岩和页岩,厚度1~10 m,偶尔被硅化,可见小波纹层理(图4k),局部出现灰色粉砂与泥岩互层沉积和小型灰岩结,可见虫孔构造(图4l)。分选较好,自然电位呈指状或齿状(图5b)。

3.4 湖相

湖相沉积分布广泛,由灰色、棕红色和深灰色

厚层层状脆性页岩和块状泥岩组成,具变形和生物扰动构造。沉积厚度3~150 m不等。湖相沉积自然伽马值明显升高,自然伽马和电阻率值偏近基线。

3.5 辫状河

辫状河主要发育河道和泛滥平原沉积。河道岩性为浅灰色、浅棕色中-细砂岩和中-粗砂岩,底部见滞留沉积砾岩。中等分选,差-中等磨圆。具有槽状和板状等大型交错层理及平行层理、块状层理和变形层理构造。单河道厚度3~14 m。河道偶尔会发生叠置,叠置河道厚度约25~100 m。测井曲线呈箱状或略呈钟形,多为正韵律。

泛滥平原由浅到中灰色、灰红色和红棕色、近块状或块状钙质页岩、生物扰动页岩、粉砂岩和泥岩组成,厚度2~14 m,由薄砂层和粉砂岩、泥岩互层形成,呈现脉状层理。薄层砂体内部缺乏沉积构造,生物扰动较强。测井曲线上呈低幅指状或平直状。

3.6 曲流河

与Bentiu组下部典型辫状河沉积相比,中部河道规模小,未见明显河道下切,泥质含量高,呈现“泥包砂”的沉积特征,泛滥平原发育且细粒沉积分布范围广。判断辫状河上部逐渐演化为曲流河。在这种沉积背景下,可识别出河道、堤岸、废弃河道和泛滥平原沉积。

河道中主要发育点坝沉积,以灰色-浅褐色中砂岩和粗砂岩为主,分选中等,次棱角-次圆,砂体向上变细,沉积厚度5~19 m,侧积面主要为泥质砂岩。

堤岸亚相可分为天然堤和决口扇。天然堤为灰色块状泥岩和页岩,具脉状层理和小波纹层理,可见生物扰动。受周期性变化的河流卸载影响,细粒沉积物中偶见薄层砂岩,泥岩、粉砂岩和细砂岩交替沉积,砂岩厚1~3 m。决口扇主要为灰色-浅褐色的中砂岩,分选好,粒度较细,且从主要河道向决口扇边缘逐渐减小,具小波纹层理,常与天然堤伴生,厚度2~4 m。测井曲线呈指状,存在反韵律。

废弃河道由黄色和灰色的页岩和泥岩组成,偶夹粉砂和细粒砂岩。该沉积相代表高弯度河道改道后的废弃充填,在河道废弃时候沉积物粒度变细,主要发育水平层理,也具有生物扰动构造。

由下到上,Jake地区整体为扇三角洲-湖泊-三角洲-辫状河-曲流河-三角洲的演化过程,湖平面先逐渐变浅,从Bentiu组开始,湖平面又逐渐上升(图6)。

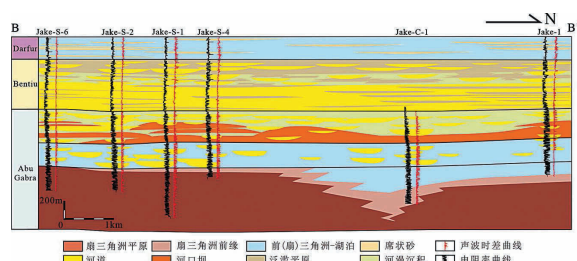


图6 Jake地区白垩系连井沉积剖面(剖面位置见图1)

4 沉积体系分布及演化规律

Jake地区白垩系砂体平面展布具有“南富北贫”的特征。南部地区物源较为充足,而北部物源供给匮乏,三角洲在南部砂体更为发育;水下扇在南部发育多条斜坡水道带,而北部在振幅切片中只可见一条下切谷(图7);辫状河河道砂体在南部发育更广泛。

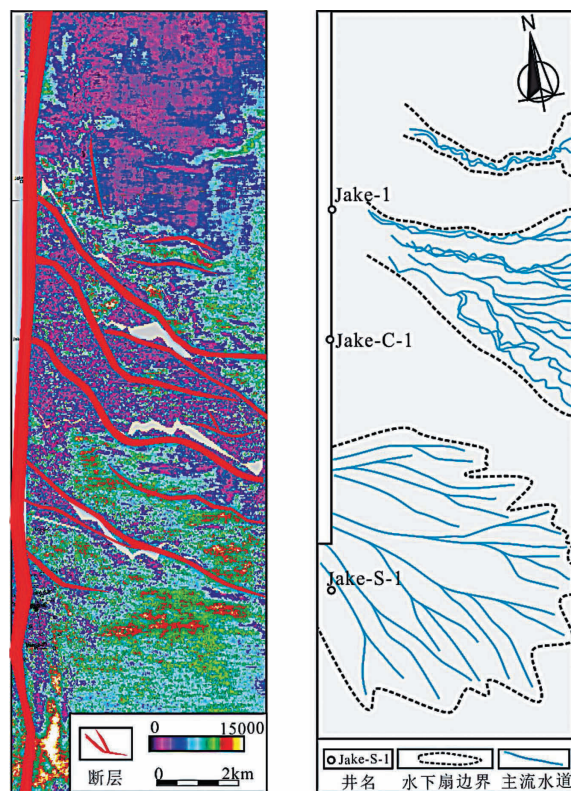


图7 水下扇平面分布RMS切片

白垩系AbuGabra组沉积时湖盆扩张,由一系列的海侵序列组成。湖相和三角洲相沉积占主导地位。SQ1构造活动强烈,处于断陷前期快速沉降阶段,发育扇三角洲-湖泊沉积(图8a)。SQ2构造变化频繁,此时水体仍然较深,发育水下扇-湖相沉积(图8b)。SQ3湖水水位逐渐开始下降,可容空间缩小,发育辫状河三角洲,此时砂体较SQ2更为发育,砂岩含量不断增高,泥岩、页岩含量逐渐减少,粒度

整体向上变粗。SQ4可容空间进一步减小,辫状河三角洲由深水环境变为浅水环境(图8c)。

Bentiu组发育在Abu Gabra组末期的不整合面之上,沉积从辫状河三角洲-湖相沉积突变为辫状河沉积,岩性从砂泥互层突变为大套砂岩。Bentiu组整体为湖进的一套旋回,SQ5沉积时期砂质供给增长,岩性以含砾中-粗砂岩为主,底部可识别出河道

下切,河道较宽,辫状河道侧向迁移明显(图8d);SQ6基准面上升,河道逐渐变窄,向上粒度变细,沉积物从厚层砂岩变为砂泥互层,在顶部突变为泥岩。河流的弯曲程度逐渐增大,泛滥平原细粒沉积广泛发育,由辫状河逐渐转变为曲流河(图8e)。SQ7沉积时湖盆快速扩大,Jake地区变为三角洲-湖相沉积,岩性为中-粗砂岩夹薄层页岩(图8f)。

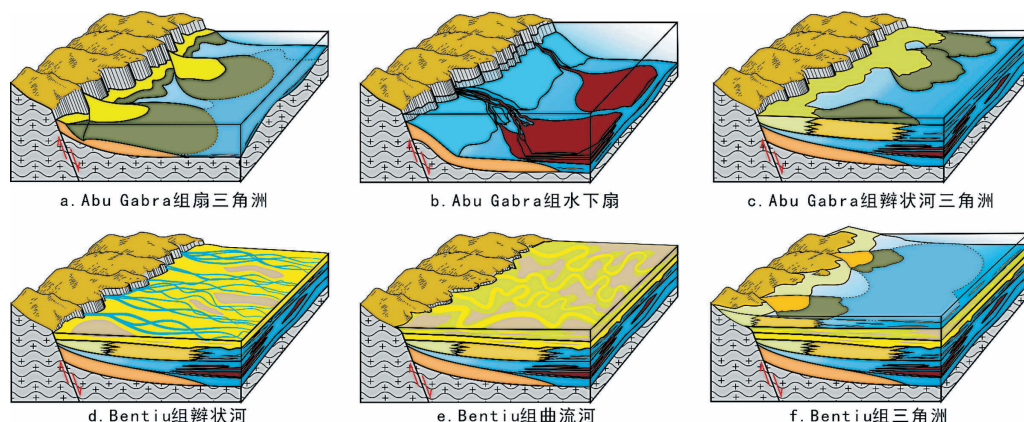


图8 Jake地区白垩系沉积演化模式

Darfur群沉积早期为三叠系以来的全球海平面最高的时期^[15],湖相沉积广泛发育,早期泥岩为主,中后期基准面下降^[23],发育三角洲-湖相砂泥岩,分流河道-河口坝复合体与泥页岩频繁互层沉积。

5 结论与讨论

Muglad盆地Fula凹陷西北缘Jake地区白垩系可划分出3个二级层序,其中下白垩统又进一步分为7个三级层序,包括Abu Gabra组的4个三级层和Bentiu组的3个三级层序。研究区存在多种类型沉积相,Abu Gabra组发育扇三角洲、水下扇、辫状河三角洲和湖相沉积;Bentiu组由下至上依次发育辫状河-曲流河-三角洲-湖相沉积;Darfur群三角洲-湖泊沉积体系占主导地位。

前人认为该地区主要的储层位于Bentiu组河流-三角洲储层和AbuGabra组上部的辫状河储层中。而本次通过对Jake地区沉积体系分析,认为研究区仍然存在潜在含油有利区。一方面,Jake地区北部处于构造高部位,同时断层较为发育,能成为油气运移的优势通道,且AbuGabra组中-下部的扇三角洲和水下扇可为油气提供有利的储集空间,因此Jake地区北部中-下AbuGabra组存在进一步开发的潜力;另一方面,Bentiu组曲流河储层中天然堤和决

口扇相的砂泥互层储层已经钻井证实存在可进行工业开采的剩余油,亦可作为今后重点关注的目标储层,加大勘探开发力度,以此来寻求油气产量的突破。

参考文献:

- [1] 孙天建,穆龙新,吴向红,等.砂质辫状河储层构型表征方法——以苏丹穆格莱德盆地Hegli油田为例[J].石油学报,2014(4):715-724.
- [2] 杨俊生,朱筱敏.苏丹Muglad盆地Fula拗陷白垩系Abu-Gabra组层序地层及沉积体系[J].沉积学报,2008,26(6):994-1004.
- [3] 陶文芳,朱筱敏,范乐元,等.苏丹穆格莱德盆地X区西斜坡AG组—Tendi组沉积体系分析[J].岩性油气藏,2014(3):51-58.
- [4] 刘慧峰.苏丹穆格莱德盆地福拉凹陷层序地层与沉积体系分析[D].中国地质大学(北京),2003.
- [5] 吴冬,朱筱敏,李志,等.苏丹Muglad盆地Fula凹陷白垩纪断陷期沉积模式[J].石油勘探与开发,2015,42(3):319-327.
- [6] 童晓光,窦立荣,田作基,等.苏丹穆格莱德盆地的地质模式和成藏模式[J].石油学报,2004,25(1):19-24.
- [7] 窦立荣,张志伟,程顶胜.苏丹Muglad盆地区域盖层对油藏特征的控制作用[J].石油学报,2006(3):22-26.
- [8] 张亚敏.苏丹国穆格莱德盆地构造特征及演化[J].西安石油大学学报(自然科学版),2008(3):38-42.

- [9] 张亚敏,漆家福.穆格莱德盆地构造地质特征与油气富集[J].石油与天然气地质,2007(5):669-674.
- [10] 吴胜和,纪友亮,岳大力,等.碎屑沉积地质体构型分级方案探讨[J].高校地质学报,2013(1):12-22.
- [11] HUSSRIN R A M.Sequence Stratigraphy and Sedimentary Facies of Fula Subbasin, Muglad Basin (Sudan)[J]. Journal of Science and Technology,2012,13:13-25.
- [12] WU D,ZHU X,SU Y,et al.Tectono-sequence stratigraphic analysis of the Lower Cretaceous Abu Gabra Formation in the Fula Sub-basin,Muglad Basin,southern Sudan [J].Marine and Petroleum Geology,2015,67:286-306.
- [13] 史忠生,方乐华,王天琦,等.苏丹—南苏丹Muglad盆地构造对油气成藏控制作用研究 [J]. 地质论评,2014(2):389-396.
- [14] LI R D,CHENG D S,ZHI L,et al.Petroleum geology of the fula sub-basin,Muglad basin,Sudan [J].JOURNAL OF PETROLEUM GEOLOGY,2014,36(1):43-60.
- [15] 陈曦,王成善,黄永建.白垩纪快速气候变化研究新进展——温室世界中的冰川证据 [J]. 现代地质,2011(3):409-418.
- [16] 喻宸,吴胜和,杜文博,等.玉门油田老君庙构造带白杨河组层序地层及沉积体系特征[J].石油与天然气地质,2015(3):437-446.
- [17] 曾洪流,赵贤正,朱筱敏,等.隐性前积浅水曲流河三角洲地震沉积学特征——以渤海湾盆地冀中坳陷饶阳凹陷肃宁地区为例[J].石油勘探与开发,2015(5):566-576.
- [18] 曾洪流,朱筱敏,朱如凯,等.陆相坳陷型盆地地震沉积学研究规范[J].石油勘探与开发,2012(3):275-284.
- [19] 吴冬,朱筱敏,刘常妮,等.“源-汇”体系主导下的断陷湖盆陡坡带扇三角洲发育模式探讨:以苏丹Muglad盆地Fula凹陷为例[J].高校地质学报,2015(4):653-663.
- [20] 鄢继华,陈世悦,姜在兴.东营凹陷北部陡坡带近岸水下扇沉积特征[J].石油大学学报(自然科学版),2005(1):12-16.
- [21] 蒲秀刚,周立宏,韩文中,等.歧口凹陷沙一下亚段斜坡区重力流沉积与致密油勘探[J].石油勘探与开发,2014(2):138-149.
- [22] SHANMUGAM G.Submarine fans:A critical retrospective (1950 - 2015) [J].Journal of Palaeogeography,2016,5(2):110-184.
- [23] MILLER K G,WRIGHT J D,BROWNING J V.Visions of ice sheets in a greenhouse world [J].Marine Geology,2005,217(3-4):215-231.

(编辑 杨芝文)

(上接第5页)新认识:油源条件有利,储盖配套好,油气成藏条件优越。

(2)长期继承性发育的杨村断层是油气向上升盘调整的主要疏导通道,下降盘发育的牵引构造则控制着油气垂向优势运移方向。

(3)在天长西断层的切割下,上升盘被分隔成南、北两个构造带,其中北部构造带因圈闭整体埋藏浅、油源区近等,油气成藏条件更为优越,是优先勘探的目标区块。

(4)杨村断层的侧向封堵成为制约上升盘白垩系能否成藏的关键,在优先井位目标时应尽量规避侧向封堵的影响,优选存在早期断层自圈或封堵性更好目标进行勘探。

参考文献:

- [1] 方涛.金湖凹陷杨村断裂带油气成藏特征研究[J].内蒙

古石油化工,2015,(13):123-127.

- [2] 杨林,杨晓兰,刘启东.金湖凹陷泰州组成藏条件研究[J].安徽地质,2006,16(1):36-39.
- [3] 张文华.关于断层在断陷盆地中对油气运聚作用的几点认识[J].现代地质,1994,8(2):194-197.
- [4] 葛金虎,罗红霞.金湖凹陷杨村断裂及控藏作用研究[J].复杂油气藏,2015,8(2):19-24.
- [5] 孙宝珊.油田断裂封闭与通道研究[J].地质力学学报,1995,21(2):95-97.
- [6] 刘启东,杨晓兰,刘世丽.金湖凹陷断层封闭性研究及应用[J].河南石油,2002,16(5):7-10.
- [7] 刘玉瑞.苏北盆地断层封堵类型及定量评价[J].石油实验地质,2009,31(5):531-536.
- [8] 熊连桥,于福生.正牵引构造形成过程的物理模拟及其油气勘探意义:以克-百断裂带为例[J].高校地质学报,2017,23(1):125-133.

(编辑 杨芝文)