

贾岫, 韩文明, 邱春光, 等. 东非裂谷西支 Albert 湖盆成藏规律[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(12): 66-74.

# 东非裂谷西支 Albert 湖盆成藏规律

贾岫, 韩文明, 邱春光, 胡滨, 王贝贝

(中国海洋石油国际有限公司, 北京 100027)

**摘要:**乌干达 Albert 湖盆为新生带裂谷盆地, 位于东非裂谷西支北端。近年来研究者在 Albert 湖盆取得大量发现, 但对成藏规律仍认识不清。Albert 湖盆成藏条件优越, 在平面上有 2 大油气富集带: 北部缓坡带和东部断阶带, 二者的成藏模式有较大的差异。在对盆地构造、地层特征、基本石油地质条件详细研究的基础上, 系统分析了 2 个油气富集带的成藏特点和成藏机制。研究表明, 北部缓坡带具有优质砂体抽吸、油气长距离运移、小断层调节、动态成藏的特点; 充足的油源、连续稳定的优质砂体、中途缺少断层的阻截、上覆厚层稳定分布的区域盖层以及良好的原油物性保证油气长距离运移成藏。东部断阶带“二台阶”断层下降盘为自生自储式成藏, 成藏层位单一; “二台阶”断层上升盘砂岩和断层对接, 发育多个油藏, 幕式充注, 充满度自下而上逐渐减小。由于油气运移空间跨度大, 边界断层侧封较差, 油藏充满度整体偏低。

**关键词:** Albert 湖盆; 北部缓坡带; 东部断阶带; 石油地质条件; 成藏机制

中图分类号: P736.1

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2021.166

## 0 引言

东非裂谷系位于非洲东部, 是世界上最大的新生代断裂带。东非裂谷系分为东、西 2 支, Albert 湖盆位于东非裂谷西支北端。Albert 湖盆横跨乌干达和刚果(金) 2 个国家。目前在乌干达一侧勘探程度较高, 发现多个油田<sup>[1-4]</sup>; 刚果(金) 一侧勘探刚起步, 仍有较大的勘探潜力。作为典型的陆内裂谷盆地, 东非裂谷地质特征长期受到关注, 特别是近年来, Albert 湖盆油气勘探取得重大突破, 新生代裂谷盆地成藏特征也成为大家研究的焦点。虽然, 研究者在 Albert 湖盆已有大量发现, 但仍有干井出现, 对于湖盆成藏规律认识不清。笔者从盆地构造特征以及基本石油条件入手, 结合油气分布规律, 总结含油气区带成藏模式, 为下一步有利勘探区带优选奠定基础。

## 1 区域地质概况

Albert 湖盆呈 NE—SW 向展布, 长约 200 km, 宽约

40 km, 面积约 8 850 km<sup>2</sup>, 最大沉积厚度约 6 000 m。Albert 湖盆目前钻井 82 口, 73 口钻井有油气发现, 9 口干井, 证实 18 个油气田, 可采储量约 17.3 亿桶油当量。目前, 油气发现主要分布在北部缓坡带及东部陡坡带, 11 个油气田位于北部缓坡带, 可采储量约 14 亿桶油当量; 7 个油田分布在东部陡坡带, 可采储量约 3.3 亿桶油当量(图 1)。

东非裂谷系位于非洲东北部, 晚渐新世(约 31 Ma) 阿法尔地幔柱隆升形成“三叉裂谷”, 其中, 2 支红海盆地和亚丁湾盆地快速拉张, 形成新的洋壳; 东非裂谷为“夭折”的一支, 并逐步演化成为现今的陆内裂谷盆地群。东非裂谷西支处于坦桑尼亚古克拉通板块、刚果板块和赞比亚板块古缝合线的位置; 东非裂谷西支沿古缝合线呈弧形展布(图 1a)。裂谷西支自北向南发育 9 个地堑, Albert 湖盆位于裂谷西支北端。根据火山岩定年及古生物分析, 东非裂谷西支于晚中新世(约 14 Ma) 开始形成, 由北向南依次拉张<sup>[5-9]</sup>。

Albert 湖盆演化经历了 3 个阶段: 初始裂陷期、主裂陷期、裂陷后期。初始裂陷期为中晚中新世, 湖盆开始拉张, 在断层的下降盘形成小型湖盆。此时湖泊分布范围较局限, 大面积区域发育河流相、泛滥平原、扇三角相及湖泊相沉积。主裂陷期为中新世末期—早上新世, 湖盆快速拉张, 古湖泊分布范

收稿日期: 2021-06-10

资助项目: “十三五”国家科技重大专项“非洲重点区油气勘探潜力综合评价”(2017ZX05032-002-004)

作者简介: 贾岫(1987—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事沉积储层、石油地质学方面的研究工作。E-mail: 371278843@qq.com

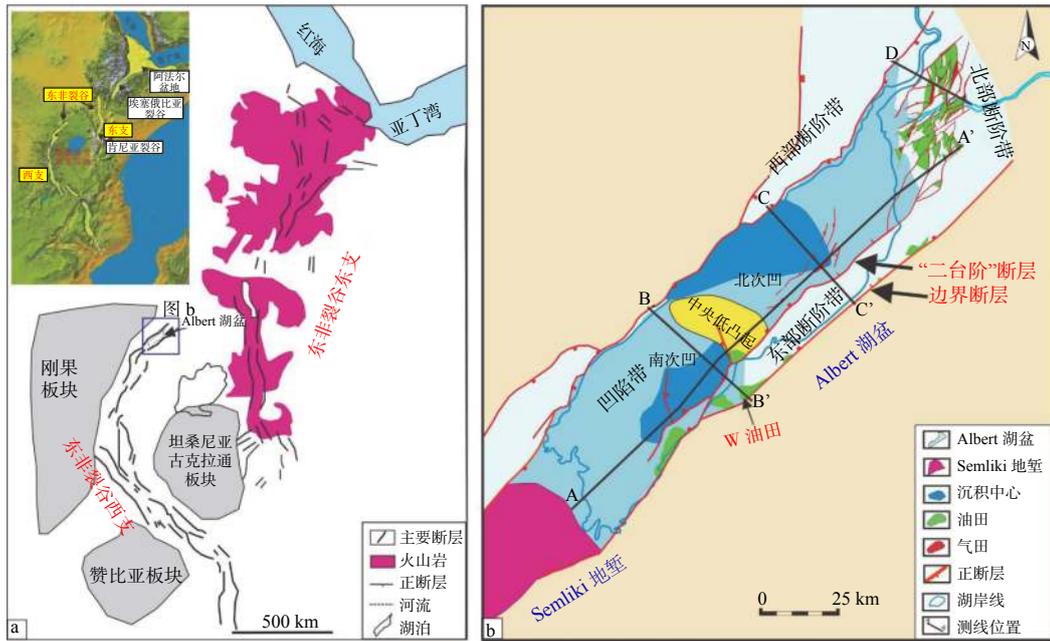


图 1 东非裂谷区域地质概况及 Albert 湖盆勘探形势

Fig.1 An overview of the East African Rift System and exploration status of Lake Albert Basin

围广,水深较大,此时物源供给充足,砂体也较为发育,长轴方向发育河流-三角洲相沉积,短轴方向发育扇三角洲沉积,湖盆中心发育半深湖-深湖相沉积。裂陷后期为晚上新世之后,南部 Rwenzori 山快速隆升,湖泊范围缩小,水深变浅<sup>[10-12]</sup>,湖盆长轴方向主要发育泛滥平原沉积,短轴方向仍以扇三角洲相沉积为主(图 2)。

## 2 Albert 湖盆构造格局

Albert 湖盆呈不对称双堑式结构,构造调节带对 Albert 湖盆的构造格局有较大影响。断陷盆地构造调节的形成可以分为 3 个阶段:孤立存在阶段、“软连接”阶段及“硬连接”阶段。孤立存在阶段,2 个断层未相互作用。“软连接”阶段,叠覆部位会形成斜坡带、凸起带等多种构造样式。“硬连接”阶段,构造调节带形成较大断层连接两断裂<sup>[13-15]</sup>。Albert 湖盆目前处于“软连接”阶段,根据构造特征的差异,Albert 湖盆可分为东部断阶带、西部断阶带、北部缓坡带以及凹陷带(图 1b)。

东部断阶带和西部断阶带主要包括 2 条大断层,呈 NE 走向,外部断层定义为边界断层、内部断层定位为“二台阶”断层。东、西陡断带控制着湖盆的整体走向,边界断层与“二台阶”断层并非一条平直的断层,而是由多条断层逐渐生长搭接而成(图 1b、3)。

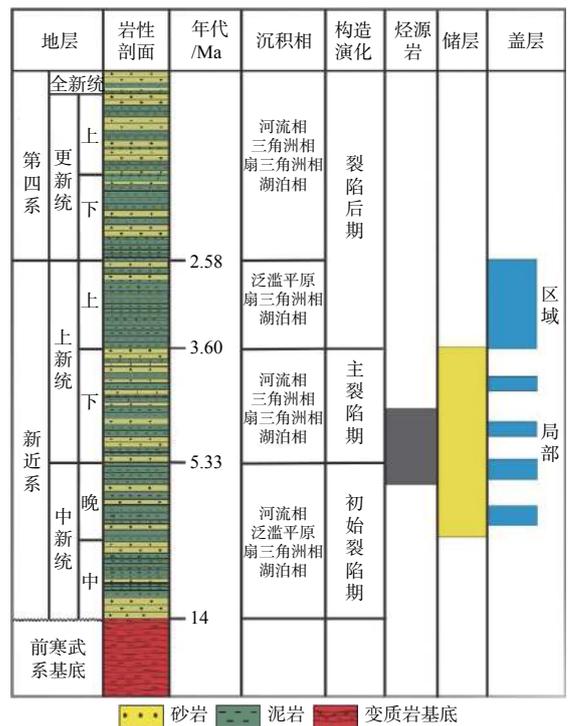


图 2 Albert 湖盆综合柱状图

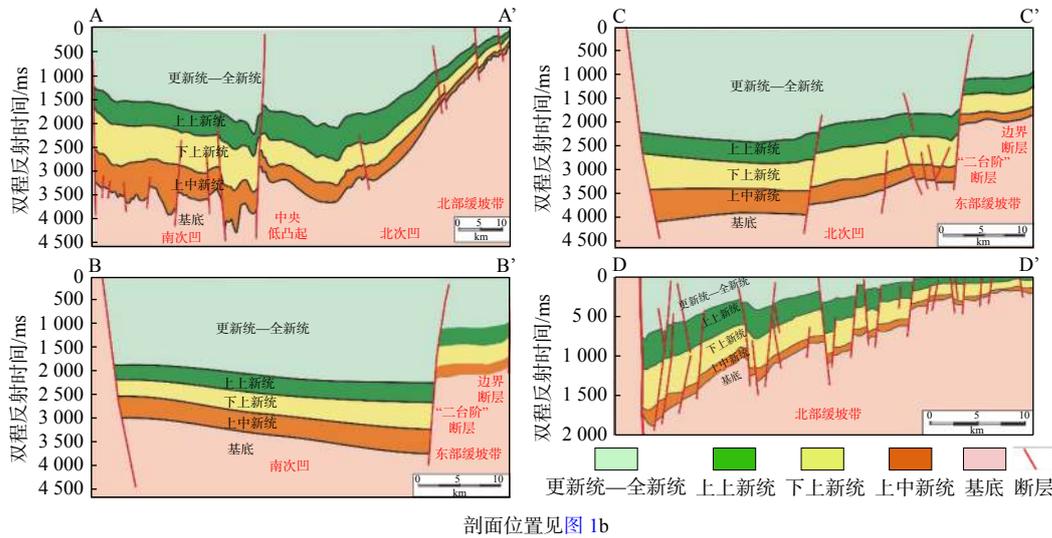
Fig.2 Integrated stratigraphic column of the Lake Albert Basin

凹陷带整体较平缓,内部可以细分为北次凹、南次凹和中央低凸起 3 个次级构造带。西部断阶带北部断距大,向南断距减小;东部断阶带南部断距大,向北断距减小。2 个断裂在拉张过程中,在两者的叠覆区域形成中央低凸起构造调节带,其走向为 NW 向,与东西陡断带走向近乎垂直。中央低凸起将凹陷带一分为二,北次凹沉积中心靠近西部断

阶带,地层向东抬升,厚度有所减薄;南次凹沉积中心位于东部断阶带“二台阶”断层的下降盘,地层向西抬升,厚度减薄(图1b、3)。

北部缓坡带位于Albert湖盆的东北部。东部断阶带断层向北断距逐渐减小,在断距消失的位置

发育构造调节带。北部缓坡带连接东、西2大断阶带,整体呈“西断东超”的半地堑形态。在NW向拉张应力及左旋应力的双重作用下,发育NE向和NNE向2组较大的张性断裂,并且伴生多条调节小断层<sup>[16-18]</sup>(图1b、3)。



剖面位置见图1b

图3 Albert湖盆地结构剖面

### 3 盆地基本石油地质条件

#### 3.1 烃源条件

油源对比显示油气均来自于中新统顶—下上新统烃源岩。中新世末期—早上新世湖盆快速拉张,湖盆大部分区域发育半深湖—深湖相,水体稳定,气候温暖湿润,藻类繁盛,为有机质富集及保存提供了有利条件。湖盆烃源岩有机质丰度高,分布面积广。晚上新世以来,湖水变浅,物源供给充足,沉积速率大,烃源岩上覆地层厚度快速增加,使得烃源岩成熟排烃。

钻井揭示中新统顶—下中新统烃源岩生烃指标优越,TOC为3%~9.8%,平均6%;HI为392~555 mg/g,平均469 mg/g, I—II<sub>1</sub>型干酪根。有效烃源岩地层厚度最大约870 m。该套烃源岩自2 Ma开始生排烃,目前处于排烃高峰。生烃灶面积约4 400 km<sup>2</sup>,排油量约4 000亿桶。

#### 3.2 储盖条件

##### 3.2.1 沉积相特征

由于西部断阶带尚未开始勘探,缺乏资料,本次研究主要针对北部缓坡带、东部断阶带和凹陷带。

Albert湖盆主要目的层为上中新统—下上新统(图2)。研究区存在2大物源体系:由北向南注入的Victoria Nile水系和由东向西注入的古Kafu水系。除此之外,Albert湖盆周边还有多条中小规模的季节性水系注入湖盆<sup>[19-20]</sup>(图4)。根据钻井、岩心以及地震相的综合分析,盆地北部缓坡带发育曲流河—三角洲相沉积;东部断阶带主要发育扇三角洲沉积相;凹陷带发育湖泊相沉积(图4)。

曲流河相发育在北部缓坡带的陆上区域,河道及泛滥平原二元结构明显。河道以边滩沉积为主,岩性为中细砂岩。泛滥平原以浅灰色、灰绿色泥岩沉积为主,内夹薄层砂岩。在自然伽马(GR)曲线上,河道沉积为平滑箱形,泛滥平原沉积为接近基线的齿状。从地震剖面上看,曲流河相整体表现为低频、强振幅、下切充填反射特征,内部可见侧积反射结构,纵向上迁移摆动较频繁(图5)。

三角洲相位于湖陆之间的过渡地带,由陆向湖依次发育三角洲平原、三角洲前缘和前三三角洲3个沉积亚相。Albert湖盆北部缓坡带可识别出三角洲平原和三角洲前缘沉积亚相。三角洲平原亚相主要发育分流河道和分流间湾微相,二者互层出现。分流河道以中细砂岩为主,底部含砾。分流间湾以浅灰色—灰绿色泥岩为主,也可见棕色泥岩。GR曲



图 4 Albert 湖盆晚中新世沉积相

Fig.4 Late Miocene sedimentary facies map of Lake Albert Basin

线以钟形为主。岩心上发育多种沉积构造,包括冲刷面、中—小型槽状交错层理,平行层理,亦可见植物根系和生物扰动现象等。三角洲前缘亚相发育河口坝、水下分流河道和水下分流间湾微相。河口坝岩性以细砂为主;GR 曲线呈漏斗形,以向上变粗、变厚的反旋回序列为特征;岩心上发育交错层理、生物扰动构造等。水下分流河道以含砾中砂岩为主;GR 曲线呈钟形,向上变细;岩心上可见交错层理。水下分流间湾是水下分流河道间的富泥质沉积部分,以灰绿色泥岩为主。三角洲相在地震剖面上整体表现为中频、中弱振幅、前积反射特征(图 5)。

东部断阶带主要发育扇三角洲相。扇三角洲相直接发育于山麓的出口处,分布范围较为局限,相变较快<sup>[21]</sup>。扇三角洲相包括扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲微相,扇三角洲前缘亚相是主体,也是优质砂体发育相带。Albert 湖盆东部断阶带扇三角洲向湖盆推进距离 5~14 km 不等。扇三角洲前缘可分为河口坝、水下分流河道和分流间湾 3 种沉积微相。河口坝以中细砂岩为主,GR 曲线主要为漏斗形,岩心上发育交错层理、波状层理及生物扰动构造。水下分流河道底部发育含砾粗砂岩,向上过渡为中砂岩;GR 曲线以钟形为主;岩心上发育冲刷面、平行层理及递变层理。水下分流间湾以灰色-灰绿色泥岩为主。扇三角洲相地震反射呈现弱振幅、中等频率、中差连续性、楔状外形、前积反射特征(图 5)。

### 3.2.2 储集物性

北部缓坡带目的层埋深浅,为 160~1 100 m,河流-三角洲相砂体储集物性好,孔隙度为 17%~40%,平均约 30%;渗透率  $(100\sim 10\,000)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ,平均  $2\,200\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。东部断阶带扇三角洲砂体埋深 1 000~2 900 m,孔隙度为 20%~33%,平均约 25%;渗透率为  $(100\sim 3\,600)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ,平均  $1\,550\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

### 3.2.3 储盖组合

晚上新世,湖盆发育厚层泥岩,厚度 > 100 m,为一套优质的区域盖层;晚中新—早上新世目的层系为砂泥岩互层的岩性组合,内部泥岩夹层可做为局部盖层(图 2、6)。北部缓坡带晚中新—早上新世发育河流-三角洲相沉积,含砂率为 25%~40%,砂岩中间的泥岩隔层厚度为 10~25 m,侧向连续性较好,可做为局部有效盖层。东部陡断带晚中新—早上新世发育扇三角洲沉积,含砂率较高,为 30%~50%,泥岩隔层单层厚度为 5~20 m。由于扇三角洲砂体在平面上展布范围较小,泥岩隔层也可以起到较好的封盖作用。

## 3.3 圈闭类型

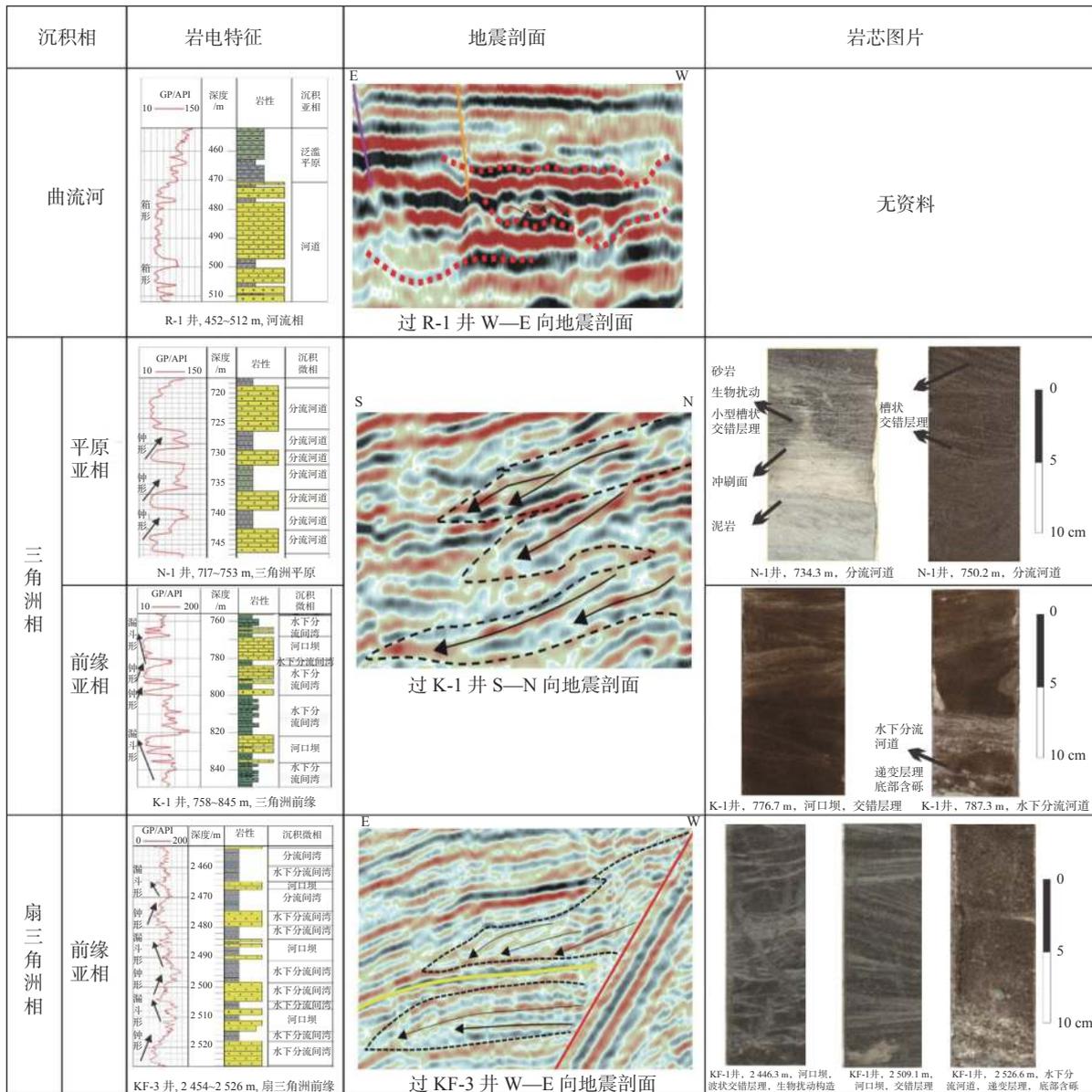
圈闭类型主要为断块圈闭和边界断层遮挡的半背斜圈闭。北部缓坡带主要为断块圈闭。北部缓坡带为 SW-NE 向逐渐抬升的单斜地层,发育 NE 向和 NNE 向 2 组较大的正断层及多条伴生小断层,产生多个“剪刀”式断块圈闭(图 1b)。

东部陡坡带主要发育靠边界断层遮挡的半背斜圈闭,在边界断层的下降盘形成多个鼻状构造,构造形态完整,内部断层发育较少。圈闭规模差异较大,圈闭面积 5~44 km<sup>2</sup> 不等,闭合幅度 275~750 m 不等。

## 4 Albert 湖盆成藏规律

### 4.1 油气分布规律

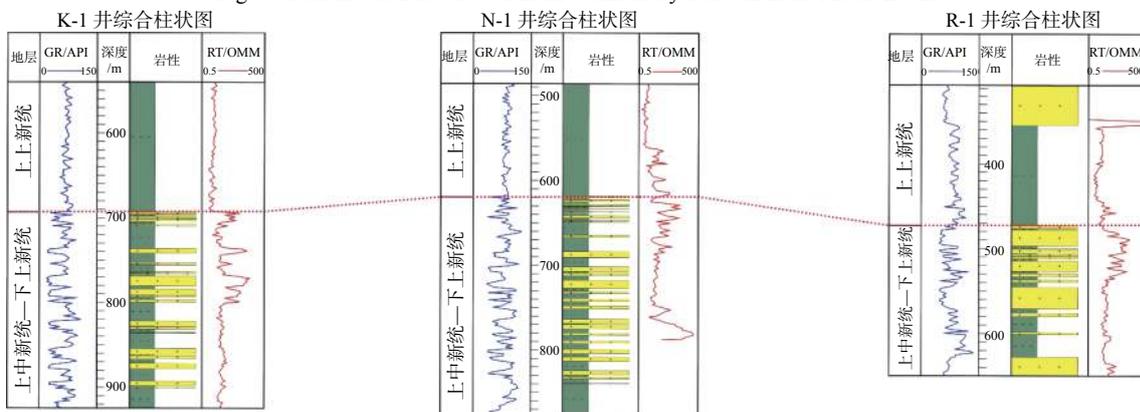
北部缓坡带及东部断阶带为 2 大油气富集带,目前北部缓坡带发现储量占总数的 80%。从含油气层段来看,油气均位于上中新—下上新统。北东缓坡带油藏埋深为 200~1 000 m,油田发现数量多,整体规模较大。东部断阶带油藏埋深 1 000~2 900 m,油田发现数量较少,规模差异较大,边界断层下降盘油气田储量较大,“二台阶”下降盘油气田



井位置见图 4

图 5 Albert 湖盆主要沉积相识别标志

Fig.5 Identification features of main sedimentary facies in Lake Albert Basin



井位置见图 4

图 6 Albert 湖盆北部缓坡带连井对比

Fig.6 Wells correlation in the northern gentle slope zone of Lake Albert Basin

储量规模少。

## 4.2 北部缓坡带成藏规律

### 4.2.1 油气聚集特征

北部缓坡带具有优质砂体抽吸、油气长距离运移、小断层调节、动态成藏的特点(图 7)。其三角洲砂体大面积连片分布,砂体可往湖盆中心方向延伸近 100 km,与成熟烃源岩直接接触。在烃源层与储集层压力差的作用下,分散的油滴被抽吸进入储集层内,汇聚成较大的油滴,由构造低部位向构造高部位运移。

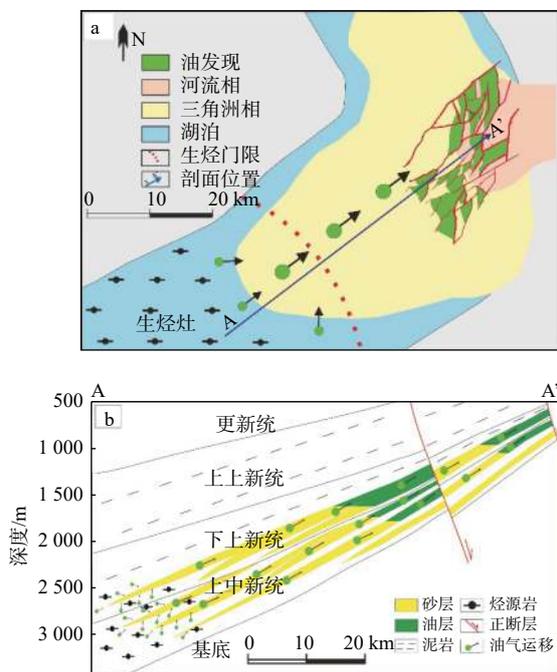


图 7 Albert 湖盆北部缓坡带油气运聚成藏模式

Fig.7 Hydrocarbon migration and accumulation model in the northern gentle slope zone

北部缓坡带油气运移距离长。油田群最北部油田距成熟烃源岩的横向最短距离约 78 km。通过对全球 200 个油气田统计,发现运移距离 < 70 km 的油气田占 > 85%<sup>[22]</sup>。北部缓坡带油气运移距离已超过绝大部分油气田。

北部缓坡带在 NW 向拉张应力及左旋应力的共同作用下,形成复杂的断裂体系,其中 NNE 向断层多为反向断层,可形成有效遮挡,油气聚集成藏。而与之相交的 NE 向断层多为顺向断层,与储层相互搭接组成网状疏导体系,对油气进行再分配,形成大面积分布的油田群。

此外,由于北部缓坡带断层断距普遍较小,目的层埋深较浅,封盖能力较差,地表有多处油苗发

现。但是烃源岩目前处于排烃高峰期,油气源源不断的补充聚集,使得各断块油气藏的充满度保持在 30%~80% 之间,平均约 50%,沿着运移方向有降低的趋势。油气充注与泄漏处于动态平衡的过程。

### 4.2.2 油气长距离运移成藏机制

长距离运移是北部缓坡带成藏的典型特征。长距离大规模的油气运移,需要连续的运移通道和足够的运移动力<sup>[23-25]</sup>。油气的运移和成藏受流体势的控制,地层中某一点的流体势等于该点的压能与相对于某基准面的位能以及动能之和,即该处单位流体(油、气或水)质点所具有的总机械能,相当于把单位质量的流体从某基准面举升到该点位置所做的功。由于流体在地下多孔介质中渗流很慢,惯性力很小,因而动能往往忽略不计,在此情况下,流体势主要为压能和势能。地下流体在两点间发生流动,是因为两点之间存在压差或者势差,或两者同时存在<sup>[26-28]</sup>。北部陡坡带主要具备 5 个有利条件:

#### (1) 充足的油源

Albert 湖盆晚中新世—早上新世半深湖-深湖相优质烃源岩,生烃指标好,油气生成量巨大,并在短时间内排出,在烃源岩中形成异常孔隙流体压力,为油气运移提供强大的动力条件。

#### (2) 连续稳定的优质砂体

油气运移通道是连接烃源岩和圈闭的桥梁,通常是由断层、不整合面、优质砂体组成。北部缓坡带三角洲砂体连片分布、连续性好、孔渗高、连通性好,成为油气运移的“高速公路”。北部缓坡带地势较高,且为逐渐抬升的缓坡,势能的作用有利于油气沿缓坡向上运移,油田群处于油气运移的有利指向上。此外,埋藏越浅的砂岩物性越好,更加有利于流体由深至浅连续长距离运移。

#### (3) 中途缺少断层的阻截和聚油

盆地凹陷带与北部缓坡带为自然过渡的斜坡,并且凹陷带构造稳定,断层不发育。在此构造背景下,烃源岩与圈闭之间运移通道十分通畅,中途不存在断层的阻截和聚油。

#### (4) 上覆厚层稳定分布的区域盖层

Albert 湖盆早上新世晚期发生区域性湖侵,北部缓坡带为沼泽-浅湖相沉积环境,以灰绿色泥岩沉积为主,泥岩厚度 > 200 m。该套泥岩覆盖在目的层之上很好的减少油气在长距离运移过程中的散失。

#### (5) 原油物性好

该区原油属于轻中质原油,低黏度原油。原油

地面密度为  $0.87\sim 0.92\text{ g/cm}^3$ , 黏度  $5\sim 37\text{ cp}$ , 有利于油气长距离运移。

### 4.3 东部断阶带成藏规律

#### 4.3.1 油气聚集特征

东部断阶带油气主要聚集在“二台阶”断层之上。在“二台阶”断层下降盘为自生自储式成藏, 仅

在烃源岩发育层段成藏, 砂体不发育, 油层厚度薄。“二台阶”断层上升盘砂岩与断层对接, 纵向上发育多套油藏, 油层厚度大, 但浅层未成藏。陡坡带发育扇三角洲砂体, 以扇三角洲前缘为主, 经过湖水改造淘洗, 泥质含量低, 储层物性好, 连片分布, 连通性好。砂体向前推进较远, 可与断层搭接形成有效的运移通道(图8)。

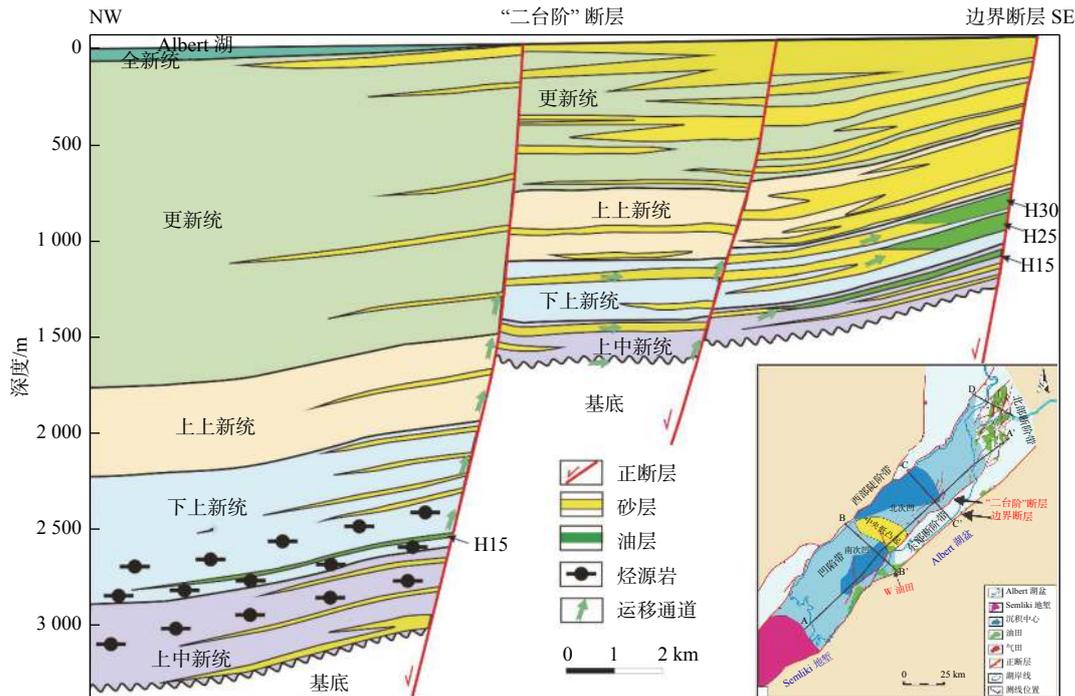


图8 东部断阶带油气运聚成藏模式

Fig.8 Petroleum migration and accumulation model in the eastern step-fault zone

#### 4.3.2 油气幕式充注成藏机制

断层活动具有幕式活动的特点, 可划分为活动期、过渡期和间隙平静期3个阶段, 断裂活动的不同阶段, 输导能力不同。活动期断层开启, 断层带渗透率最高, 压力最低, 泄压时流体运移速度快, 以非稳态幕式充注为主。过渡期发生在断裂静止后至裂缝闭合前时期, 裂缝和空腔逐渐闭合, 泄压区消失, 压力差降低, 流体输导速度变慢, 由非稳态幕式充注向稳态连续充注转变。间歇平静期发生在裂缝闭合之后, 断层封闭, 流体运移效率低, 以稳态连续充注为主。通过物理模拟实验显示, 在上下2层储层储集物性相似的情况下, 连续充注油气自上而下依次充注, 而幕式充注油气自下而上充注, 效率更高<sup>[29-30]</sup>。

东部断阶带“二台阶”断层持续活动, 上新世以来活动性较强, 生长指数约2.8, 烃源岩约2 Ma开

始排烃。断层活动期与排烃期匹配较好, 为幕式充注。断层开启时间长, 充注效率高, 使得东部断阶带在短时间内形成大量的油气聚集。但油藏充满度整体偏低, 且自下而上有变小的趋势, 浅层砂体未成藏。以“二台阶”断层之上的W油田为例, 该油田包括3个油组, 其中, H15油组位于上中新统, H25油组位于下上新统下部, H30油组位于下上新统上部。H15油组充满度为65%, 烃柱高度约180 m; H25油组充满度约为45%, 烃柱高度约120 m; H30油组充满度为31%, 烃柱高度约100 m; H30油组之上未有油气充注, 均为水层(图8)。东部断阶带紧邻生烃灶, 但充满度仍较低, 其原因主要有2个方面: ①储集体和烃源岩靠“二台阶”断层相连, 高差 $>1500\text{ m}$ , 油气在运移过程中有大量的油气散失导致油气运移动力不足; ②油田靠边界断层侧向封堵, 边界断层现今仍十分活跃, 油气有泄漏, 在地表可

见多处油苗。

## 5 结论

(1) Albert 湖盆形成于晚中新世, 呈不对称双坳式结构, 构造调节带发育。该盆地成藏条件好, 烃源岩为中新统顶一下上新统半深湖-深湖相泥岩; 储层较发育, 北部缓坡带发育曲流河-三角洲相沉积, 东部陡断带以扇三角洲相为主, 储盖组合好。纵向上主要含油层段为上中新统一下上新统。平面上主要发育 2 大油气富集带: 北部缓坡带和东部断阶带。

(2) 北部缓坡带具有优质砂体抽吸、油气长距离运移、小断层调节、动态成藏的特点。充足的油源、连续稳定分布的优质砂体、中途缺少断层的阻截和聚油、上覆厚层稳定分布的区域盖层以及较好的原油物性为油气长距离运移提供有利条件。

(3) 东部断阶带在“二台阶”断层下降盘为自生自储式成藏, 成藏层位单一, 砂体发育差, 油层厚度薄。“二台阶”断层上升盘在纵向上发育多套油藏, 运移通道为砂岩与断层对接, 主要为幕式充注, 油藏充满度自下而上逐渐减小。“二台阶”断层断距大, 油气运移空间跨度大, 另外边界断层活动性强, 侧封条件较差, 造成“二台阶”断层上升盘油藏充满度整体偏低。

### 参考文献:

- [1] 金宠, 陈安清, 楼章华, 等. 东非构造演化与油气成藏规律初探[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(2): 121-130.
- [2] 窦立荣, 王建君, 程顶胜, 等. 乌干达Albertine地堑石油地质条件与油气勘探潜力[J]. 地质学报, 2004, 78(4): 506.
- [3] 张可宝, 史卜庆, 徐志强, 等. 东非地区沉积盆地油气潜力浅析[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(6): 869-874.
- [4] 陈经覃, 韩文明, 邱春光, 等. 乌干达Albert湖凹陷陡坡带成藏模式[J]. 海洋地质前沿, 2018, 34(1): 42-47.
- [5] ROBERTS E M, STEVENS N J, O'CONNOR P M, et al. Initiation of the western branch of the East African Rift coeval with the eastern branch[J]. *Nature Geoscience*, 2012, 5(4): 289-294.
- [6] EBINGER C J, FURMAN T. Geodynamical setting of the Virunga Volcanic Province, East Africa[J]. *Acta Vulcanologica*, 2002, 14(1/2): 1-8.
- [7] FRIEDERIKE U B, ULRICH A G, UWE R, et al. Tracing the exhumation history of the Rwenzori Mountains, Albertine Rift, Uganda, using low-temperature thermochronology[J]. *Tectonophysics*, 2013, 599: 8-28.
- [8] PICKFORD M, SENUT B, HADOTO D. Paleobiology of the Albertine Rift Valley: Uganda-Zaire-introduction[M]. Orléans: CIEG Occas. Publ, 1994.
- [9] DUNCAN M. History of the development of the East African Rift System: a series of interpreted maps through time[J]. *Journal of African Earth Sciences*, 2015, 101(2): 232-252.
- [10] 于水, 韩文明, 赵伟, 等. 裂谷盆地陡断带三角洲沉积特征与成因模式: 以东非裂谷Albertine地堑为例[J]. 中国海上油气, 2013, 25(6): 31-35.
- [11] 刘桂和, 彭文绪, 刘喜玲. Albertine地堑构造沉积响应及其油气勘探意义[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2013, 10(14): 27-29.
- [12] 杨小丽, 胡光义, 庞玉茂, 等. Albert湖盆北区退积型浅水三角洲沉积及储层特征[J]. 中国海上油气, 2015, 27(5): 55-61.
- [13] 吕延防, 付广, 付晓飞, 等. 断层对油气的疏导与封堵作用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2013.
- [14] 郭光辉, 漆家福. 黄骅盆地一级构造变换带的特征与成因[J]. *石油与天然气地质*, 1999, 20(2): 125-128.
- [15] 陈发景, 贾庆素, 张洪年. 传递带及其在砂体发育中的作用[J]. *石油与天然气地质*, 2004, 25(2): 144-148.
- [16] 蔡文杰, 韩文明, 许志刚, 等. 东非Lake Albert盆地构造调节带特征及其对油气成藏的控制作用[J]. 地质科技情报, 2015, 34(4): 119-123.
- [17] 柳万春. 东非Albert湖盆北部构造调节带解析及其油气运聚分析[J]. *海洋石油*, 2017, 37(4): 8-11.
- [18] 孙和风, 彭文绪, 姜雪. 断砂耦合对阿尔伯特凹陷北部转换带油气富集的控制作用[J]. 中国海上油气, 2016, 28(5): 30-36.
- [19] TAYLOR R G, HAWARD K W F. Post-Paleozoic evolution of weathered land surfaces in Uganda by tectonically controlled deep weathering and stripping[J]. *Geomorphology*, 1998, 25(3): 173-192.
- [20] 董朔朋, 祝彦庆. 乌干达Albert地堑中新-上新统沉积特征及控制因素[J]. 海洋地质前沿, 2016, 32(2): 30-36.
- [21] 董艳蕾, 朱筱敏, 耿晓洁, 等. 泌阳凹陷东南部核桃园组近岸水下扇与扇三角洲沉积特征比较及控制因素分析[J]. *石油与天然气地质*, 2015, 36(2): 271-279.
- [22] 胡朝元. “源控论”适用范围量化分析[J]. *天然气工业*, 2005, 25(10): 1-3.
- [23] 黄正吉, 潘和顺, 张景龙, 等. 中国陆相原油长距离运移的一个实例[J]. 石油学报, 1993, 14(2): 53-57.
- [24] 曾澦辉, 金之钧. 油气二次运移和聚集物理模拟[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000.
- [25] 朱光有, 杨海军, 张斌, 等. 油气超长运移距离[J]. 岩石学报, 2013, 29(9): 3192-3212.
- [26] 许浚远. 再论流体势及其与圈闭和油气藏关系[J]. *地质科技情报*, 2007, 26(1): 57-64.
- [27] 周波, 金之钧, 王毅. 油气二次运移数值模拟分析[J]. *石油与天然气地质*, 2008, 29(4): 527-532.
- [28] 王浩然, 付广, 宿碧霖, 等. 下生上储式油气运移优势路径确定方法及其应用[J]. 石油与天然气地质, 2008, 39(6): 1238-1245.
- [29] 曾澦辉, 王洪玉. 层间非均质砂层石油运移和聚集模拟实验研究[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 108-111.
- [30] 马中良, 曾澦辉, 冯炎松, 等. 纵向非均质砂层内石油运移和聚集的模拟实验[J]. *中国石油勘探*, 2008, 13(6): 33-38.

## RESERVOIR FORMING MECHANISMS OF THE LAKE ALBERT BASIN IN THE WESTERN BRANCH OF THE EAST AFRICAN RIFT SYSTEM

JIA Shen, HAN Wenming, QIU Chunguang, HU Bin, WANG Beibei  
(CNOOC International Ltd., Beijing 100027, China)

**Abstract:** The Lake Albert Basin in Uganda is a Cenozoic rift basin located at the north end of the western branch of the East Africa Rift System (EARS). Many hydrocarbon discoveries have been made recently. However, the reservoir-formation mechanisms of the basin remain unclear, and thus dry wells appear sometimes. In fact, there occur two major hydrocarbon enrichment zones in the basin with excellent reservoir-forming conditions. They are the northern gentle slope zone and the eastern step-fault zone. The hydrocarbon accumulation models are quite different between the two zones. Based on the research of basin structure, stratigraphic sequence and petroleum geological conditions, the accumulation characteristics and mechanism of the two hydrocarbon enrichment zones are systematically analyzed in this paper. The research shows that the northern gentle slope zone has high-quality sands suction, long-distance hydrocarbon migration, small faults control and dynamic accumulation in addition to ample hydrocarbon supply, continuous high-quality sandbody, no fault interception of migration pathway, stable distribution of thick regional caprocks and good physical properties of crude oil to ensure the long-distance hydrocarbon migration and accumulation. As to the "two-step" fault in the eastern step-fault zone, the down-thrown wall is dominated by the self-generation and self-storing reservoir systems in a definite layer. However, on the up-thrown wall, it is dominated by episodic petroleum recharge into the connected sandstones following the faults on migration pathway. Owing to the huge skip distance of hydrocarbon vertical migration and poor lateral sealing of the boundary fault, the fullness of reservoirs is generally low and decreasing upwards.

**Key words:** Lake Albert Basin; northern gentle slope zone; eastern step-fault zone; hydrocarbon geological conditions; accumulation mechanism