

# 西非科特迪瓦盆地石油地质特征及成藏规律研究

程建,段铁军,倪春华,袁东风

(中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所,江苏 无锡 214126)

**摘要:**科特迪瓦盆地是西非几内亚湾北段一个东西向的具拉分性质的复杂盆地,盆地具有转换大陆边缘与被动大陆边缘叠置的性质。盆地经历了3期构造演化阶段:阿普特期以前为前裂谷期;阿普特期—塞诺曼期早期为裂谷期;塞诺曼期至今为后裂谷期。盆地3期演化相应地建立了不同类型的沉积体系。科特迪瓦盆地已发现的油气聚集区带集中分布在北缘雅克维尔槽地南侧的东西向正向构造带上。油气成藏模式主要是“裂谷层序型成藏模式”和“被动大陆边缘层序型成藏模式”。圈闭类型以构造型、构造—不整合型和地层型为主。

**关键词:**转换大陆边缘;被动大陆边缘;油气成藏规律;科特迪瓦盆地

**中图分类号:**TE122.3

**文献标识码:**A

## Petroleum geologic features and accumulation rules of Côte D'Ivoire Basin, West Africa

Cheng Jian, Duan Tiejun, Ni Chunhua, Yuan Dongfeng

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China)

**Abstract:** The Côte D'Ivoire Basin is an east-west oriented and elongated basin located in the north of the Gulf of Guinea, the West Africa. The basin is characterized by both transcontinental margin and passive continental margin. The tectonic evolution is divided into 3 phases: pre-rift phase before Aptian, rift phase from Aptian to the early Cinemania, and syn-rift phase ever since Cinemania. Different sedimentary systems form during different phases. The discovered hydrocarbon reservoirs mainly locate in the east-west oriented positive structures in the south of the Jacquville trough. There are 2 accumulation patterns: rift stratigraphic one and passive continental margin stratigraphic one. Traps are of structural, structural-unconformity and stratigraphic types.

**Key words:** transcontinental margin; passive continental margin; accumulation pattern; Côte D'Ivoire Basin

科特迪瓦盆地位于西非几内亚湾北段,是一个近东西向的拉伸盆地。其主体部分位于科特迪瓦海域,东部延伸至加纳近海地区,称塔诺次盆(Tano Subbasin),西南部分呈狭长条带状伸入利比里亚深海区。

科特迪瓦盆地的油气勘探始于1950年,到目前共有油气田及油气发现43个。科特迪瓦盆地石油可采储量为 $3.125 \times 10^8$  t,气可采储量为 $1829.69 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,凝析油可采储量为 $0.179 \times 10^8$  t,总储量为 $4.77 \times 10^8$  t油当量<sup>[1]</sup>。已发现油气田都是中小型油气田,如科特迪瓦近岸的福克斯淘特(Foxtrot)、莱恩(Lion)、埃斯波(Espoir)和魁北克(Quebec)等。近年来,塔诺次盆朱比利(Jubilee)大油田的发现预示深水区更有可能发现大型的地层圈闭和储集体。鉴于深水区的巨大勘探潜力,各大石油公司都把目光移向深水区。

## 1 地质概况

科特迪瓦盆地发育在西非古元古代克拉通的中部,几内亚太古代地核的东缘。基底为前寒武系西非克拉通,覆盖了科特迪瓦陆上和加纳陆上大部分面积<sup>[2-3]</sup>。沉积盖层厚度大,主要是早白垩世和新生代碎屑岩沉积<sup>[4]</sup>。

### 1.1 盆地边界和构造纲要

控制科特迪瓦盆地边界的是2条大型转换断裂带——圣保罗(St. Paul)断裂带和罗曼什(Romanche)断裂带(图1)。盆地北部以圣保罗断裂带及其陆上延伸部分——拉古纳什(Lagunes)断层为界,圣保罗断裂带走向与科特迪瓦—加纳海岸平行。盆地南部为罗曼什断裂带所限<sup>[5-8]</sup>。罗曼什断裂带通过科特迪瓦—加纳转换边缘脊与加纳陆架相连<sup>[8]</sup>。

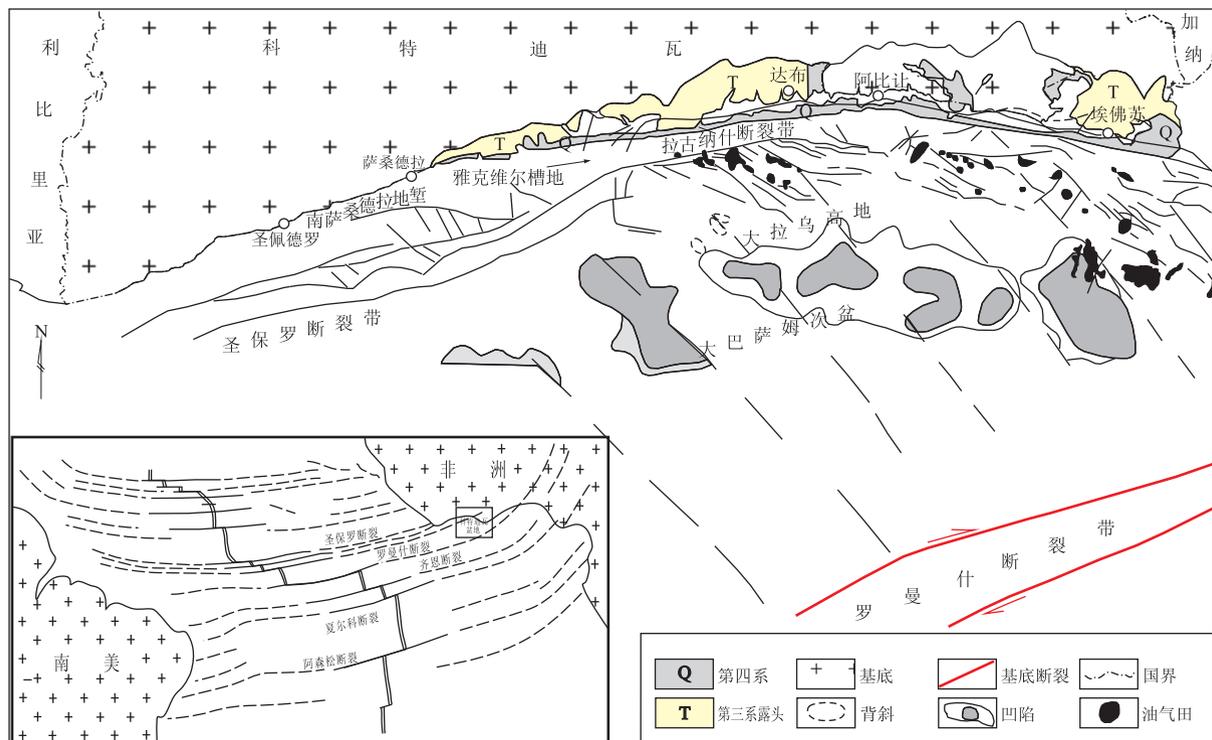


图1 科特迪瓦盆地区域构造简图

Fig.1 Regional structure of Côte D'Ivoire Basin

重力测量发现,圣保罗断裂与罗曼什断裂之间存在一组北西西—南东东向的“条纹”式断裂,“条纹”断裂平行等间距分布。这类断裂形成于非洲大陆与南美洲大陆分离地壳减薄时期。本区存在2个主要的走向与海岸平行的正向构造带。盆地北部正向构造带称为阿比让边缘构造带。其次是大拉乌(Grand Lahou)高地,在大拉乌高地与雅克维尔槽地(Jacqueville)(或称雅克维尔凹陷)间发育了众多北西西—南东东的背斜构造和基底断层。背斜发育的范围横贯盆地中北部,一直到塔诺次盆仍可见构造形迹。科特迪瓦盆地当今大部分油气田都位于这些背斜圈闭中和断块圈闭中。如莱恩油田、福克斯淘特油田、埃斯皮诺油田和魁北克油田等(图1)。

大拉乌高地与盆地北部基底被雅克维尔槽地分开,形成一个大的向斜构造。另外一个向斜构造是大拉乌高地南部的大巴萨姆次盆。大巴萨姆次盆包含一系列面积大小不等的凹陷,各凹陷的排列与区域构造线走向近于平行,这可能与走滑断裂和“条纹”断层的运动有关<sup>[10]</sup>。

### 1.2 盆地演化阶段及充填特征

科特迪瓦盆地形成于早白垩世非洲大陆与南美大陆分离期间(120~115 Ma)。盆地的发育开始于走滑断裂的构造运动<sup>[11]</sup>。

科特迪瓦—加纳转换边缘经历了以下3个主要构造演化阶段:早白垩世贝里阿斯—巴列姆期为前裂谷阶段(图2)。构造环境为克拉通陆内沉陷及伸展地堑的发育<sup>[5-6]</sup>。沉积物主要为河流相、三角洲相和湖相沉积,岩性为砂岩、页岩和砾岩,沉积厚度大于2 000 m。

阿普特—塞诺曼期早期为裂谷阶段,主要构造运动表现为大陆裂解和转换断层的张扭运动。形成了一些高角度正断层、右旋走滑(扭性)断层、断块和半地堑。盆地建造了厚度巨大的湖相到海相过渡的同裂谷期沉积段,以河流相、三角洲相和湖相硅质碎屑岩为主。晚阿尔必期,非洲大陆板块和南美大陆板块彻底分离,且形成了一个广泛的不整合面,称为阿尔必—塞诺曼不整合面<sup>[7]</sup>。

塞诺曼期—全新世为后裂谷阶段。构造环境为大陆边缘沉降。大洋扩张中心位于圣保罗断裂带和罗曼什断裂带之间,伴随发生明显的重力滑动并发育了大量铲式断层、生长断层、褶皱和滑塌构造,沉积了海相页岩和浅水碳酸盐岩。后裂谷沉积体系一直发展到第三纪,沉积持续向盆地方向进积。

## 2 石油地质条件

### 2.1 烃源岩条件

特科迪瓦盆地已有多套烃源岩被证实,主要分

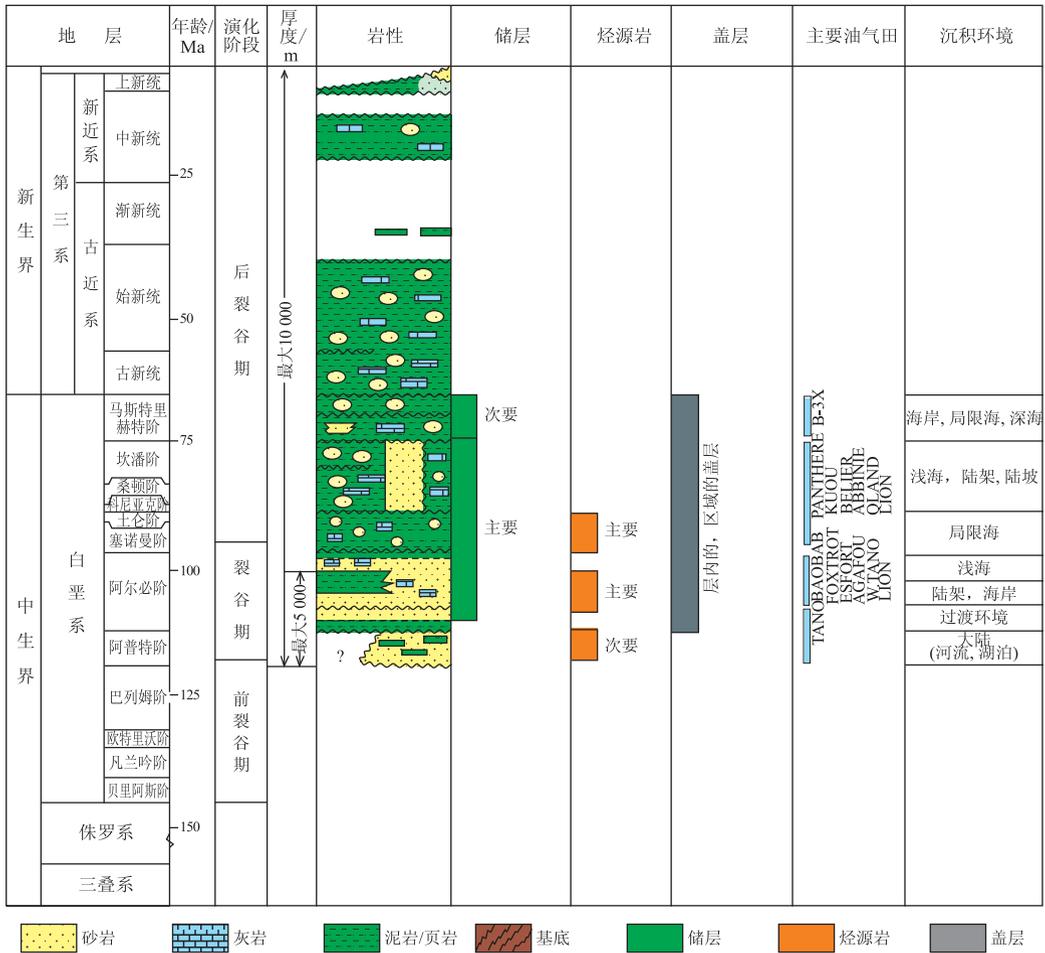


图2 科特迪瓦盆地综合地层柱状图  
Fig. 2 Stratigraphic column of Côte D'Ivoire Basin

布在阿普特阶、中上阿尔必阶和塞诺曼阶—土仑阶海相和湖相页岩中。烃源岩在晚白垩世逐渐成熟, 可能在第三纪达到成熟高峰期。

2.1.1 阿普特阶烃源岩

阿普特阶仅在加纳境内被钻井揭示, 是次要烃源岩。据报道在大拉乌地区(深水区), 阿尔必阶、塞诺曼阶和科尼亚克—坎潘阶内构造圈闭和地层圈闭的油气可能来自阿普特阶湖相烃源岩<sup>[11]</sup>。

2.2.2 阿尔必阶烃源岩

阿尔必阶内识别出3套烃源岩。岩性为黑色多成分页岩混杂湖海过渡相的粉砂岩、砂岩。

第1套烃源岩是中阿尔必阶(陆相)页岩<sup>[16]</sup>, 是科特迪瓦盆地已发现的最老的烃源岩, 这类烃源岩为阿尔必阶及更年轻的储层提供油源。盆地北缘雅克维尔槽地中阿尔必阶烃源岩可能已经进入生气阶段<sup>[13]</sup>。第2套烃源岩是上阿尔必阶海相页岩, 第3套烃源岩是阿尔必阶顶部的浅海相灰岩。

2.2.3 塞诺曼—土仑阶烃源岩

该层序含良好的烃源岩。地层厚度为0~700 m,

在埃斯皮诺、福克斯淘特和大拉乌地区地层厚度变化较大。在玛非(Mafia)、埃斯尼(Assinie)东1区的B1-5、C1-4区块和A-3井附近, 塞诺曼阶烃源岩已经达到生油窗<sup>[12-13]</sup>。

2.2 储层条件

下白垩统阿尔必砂岩是科特迪瓦盆地最主要的富油储层(塔诺次盆也存在这类储层)。在盆地北缘浅水区的一些油气田或发现中(如巴博、埃斯皮诺、福克斯淘特、莱恩以及塔诺次盆大泽塔), 主力储层都是阿尔必阶砂岩<sup>[14]</sup>。阿尔必阶储层大部分是含油储层, 气层和凝析油储层相对较少。上白垩统塞诺曼储层是一套海相深水砂岩, 主要分布于盆地东部阿比让边缘倾斜断块遭受剥蚀后形成的构造低部位和海底斜坡峡谷中<sup>[15-16]</sup>。塞诺曼阶储层主要富气, 部分富油。上白垩统土仑阶砂岩是目前塔诺次盆最重要的储层, 主要由深水河道和浊积斜坡扇砂体组成。近期在深水区的一些重大发现如朱比利、Enyenra、Tweneboa和Teak都是以土仑阶砂岩为储层。

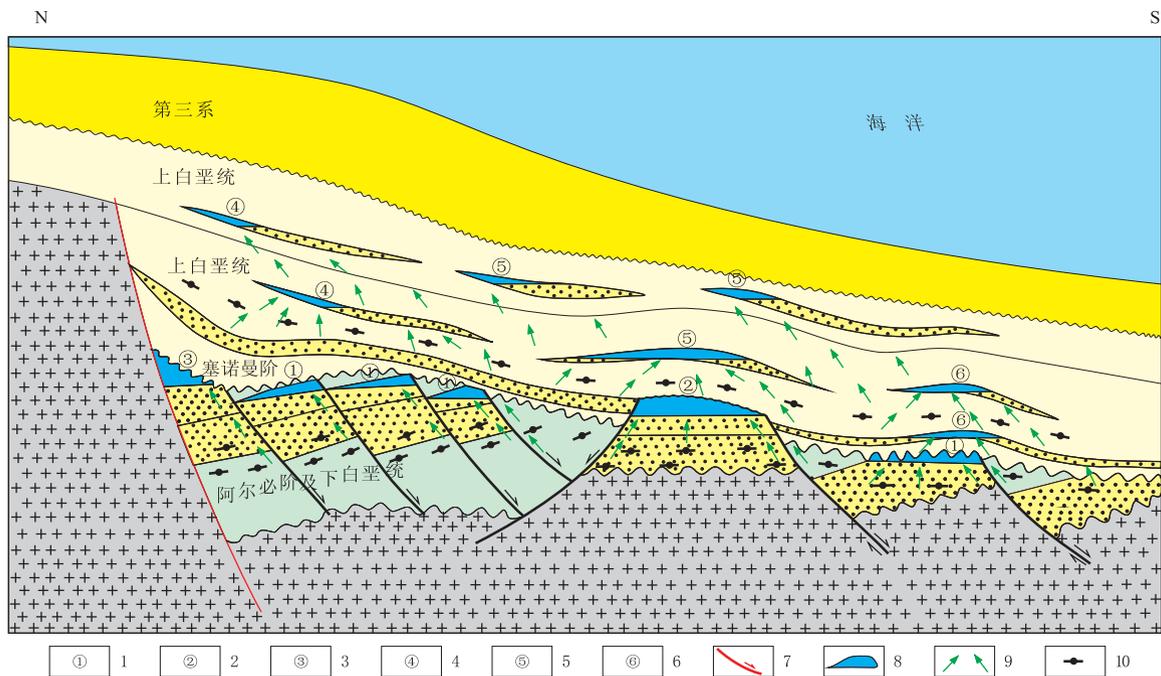


图3 科特迪瓦盆地油气成藏模式示意

- 1. 阿尔必阶断块圈闭; 2. 阿尔必阶地垒—断块圈闭; 3. 下白垩统中上部上倾尖灭圈闭; 4. 上白垩统深水河道和峡谷砂体地层圈闭; 5. 上白垩统深水扇砂体地层圈闭; 6. 上白垩统深水砂体地层圈闭; 7. 基底断裂; 8. 油气藏; 9. 油气运移指向; 10. 烃源岩

Fig. 3 Petroleum accumulation pattern of Côte D'Ivoire Basin

### 2.3 盖层条件

区内盖层从阿尔必阶到坎潘阶都有分布,主要是以泥页岩夹层的形式出现。科尼亚克—坎潘页岩是主要的盖层,高地层压力使其具有良好的封盖能力。区域不整合面和深及盆地的断裂也可作为封盖条件。

## 3 油气分布特征及成藏规律

科特迪瓦盆地处在西非被动大陆边缘和转换边缘叠置的复杂构造带上,其多期构造运动和沉积充填特征使盆地东西、南北、上下都有巨大差异。科特迪瓦盆地的油气勘探总体上有从近海浅水区向外海深水区推进、从构造圈闭向地层圈闭及地层—构造圈闭推进的趋势。研究认为科特迪瓦盆地存在2种油气成藏模式(图3)。

### 3.1 裂谷型成藏模式

这类成藏模式在盆地西部地区占主要地位。由裂谷层序中阿尔必阶(及部分阿普特阶)烃源岩向阿尔必阶上部圈闭供油,以塞诺曼不整合面和泥岩为封盖条件,形成自生自储的油气藏。圈闭类型主要是北西西—南东东向的背斜和断块、断垒、断阶、穹窿构造,明显受大型断裂的控制,如圣保罗断层及其陆上延伸部分拉古纳什断层(图3①,②,③)。圈闭的捕油潜力主要由断层的封堵性决定。

在2007年朱比利油田发现以前,科特迪瓦盆地发现的大部分油气田分布在阿比让边缘雅克维尔槽地以南构造圈闭中,如盆地西部的莱恩油气田,埃斯皮诺油气田和魁北克高地油田。

### 3.2 被动大陆边缘型成藏模式

被动大陆边缘型油气成藏模式是以塞诺曼—土仑阶成熟烃源岩为油气源,通过砂体或铲式正断层向上运移,在上白垩统浊积砂体、深水河道砂体、海底峡谷砂体等形成的地层圈闭中聚集成藏(图3④,⑤,⑥)。这类成藏模式在盆地东部和塔诺地区占主要地位。随着一些新油气田的发现,盆地上白垩统地层圈闭的重要性日益突出,逐渐成为勘探的主导类型。

## 4 主要认识

1)科特科特迪瓦盆地是西非被动大陆边缘与转换大陆边缘叠置型的具拉分性质的盆地。盆地的发育深受圣保罗和罗曼什转换断裂带的影响。盆地基本构造单元可初步划分为北缘的东西向阿比让正向构造带和雅克维尔槽地,南部的科特迪瓦—加纳转换边缘脊以及大拉乌高地和大巴萨姆次盆群。盆地浅水区构造特征较为明晰,深水区构造需进一步研究。

2)科特迪瓦盆地已知油气聚集区带集中分布

在盆地浅水区东西向正向构造带上。油气发现主要是一些中小型油气田。油气成藏模式可分为2类:裂谷型和被动大陆边缘型。

3)科特迪瓦盆地塔诺次盆大型地层圈闭型油田——朱比利油田的发现打开了盆地油气勘探的新局面,油气勘探已转向深水区。勘探目标应以深水区白垩系浊积砂体、斜坡峡谷砂体、深水扇砂体等大型地层圈闭为重点。

参考文献:

[1] Browfield M E, Charpentier R R. Geology and total petroleum systems of the west-central coastal province (7203), west Africa[J]. U S Geological Survey Bulletin 2207-B, 2006; 1-60.

[2] 叶绿章, 董宝林. 科特迪瓦的地质与矿产[J]. 广西地质, 2000, 13(2): 30-43.

[3] 刘剑平, 潘校华, 马君, 等. 赤道西非科特迪瓦—加纳转换边缘油气勘探方向[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(1): 43-50.

[4] Koffi N D, Barton E W. Numerous seismic prospects dot concessions off Côte D'Ivoire[J]. Oil and Gas Journal, 1994, 92(14): 69-72.

[5] Kesse G O. Oil and gas possibilities on- and offshore Ghana[J]. AAPG Bulletin, 1986, 40: 427-444.

[6] Tucker J W. Aspects of the Tano Basin stratigraphy revealed by recent drilling in Ghana [C]//Curnelle R. African Geology: 1st Meeting on the Stratigraphy and Paleogeography of West Africa Sedimentary Basins; 2nd African Meeting on Micropaleontology. France; Societe Nationale Elf Aquitaine, 1992: 153-159.

[7] Blarez E, Mascle J. Shallow structures and evolution of the Ivory Coast and Ghana transform margin [J]. Marine and Petroleum Geology, 1988, 5(1): 54-64.

[8] De Matos R M D. Tectonic evolution of the Equatorial South Atlantic [C]//Mohriak W U, Talwani M. Atlantic Rifts and Conti-

ental Margins, Geophysical Monograph. Washington D C, United States; American Geophysical Union, 2000: 331-354.

[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] Christophe Basile, Jean Mascle, Jean Benkhelil, et al. Geodynamic evolution of the Côte D'Ivoire-Ghana Transform margin: an overview of leg 159 results [J]. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 1998, 159: 101-110.

[11] Gasperini L, Bermoulli D, Bonatti E, et al. Lower Cretaceous to Eocene sedimentary transverse ridge at the Romanche Fracture Zone and the opening of the equatorial Atlantic [J]. Marine Geology, 2001, 176: 101-119.

[12] Bird D. Shear margin: continent-ocean transform and fracture zone boundaries [J]. Society of Exploration Geophysicists, 2001, 20(2): 150, 152, 154, 156, 158-159.

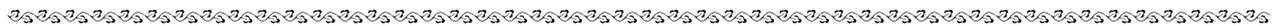
[13] Morrison J, Burgess C, Cornford C, et al. Hydrocarbon systems of the Abidjan Margin, Côte D'Ivoire [C]//Offshore West Africa 2000 Conference and Exhibition, Abidjan, Côte D'Ivoire; PennWell Publishing, 2000: 1-13.

[14] Bradley C H, Wallace R, Neese et al, The Tano; Ivorian Basin—a fast-emerging African deepwater play fairway: industry and Vanco's recent exploration activity highlights [C]//Proceedings 9th PES-GB/HGS International Conference on African E & P; Africa: a Multifaceted Promise. Houston Texas; Petroleum Exploration Society Great Britain, United Kingdom (PESGB), 2010: 27.

[15] Wallace RL, Harms J C. Petroleum geology of the offshore Côte D'Ivoire Basin and potential of the deepwater offshore areas [C]// Côte D'Ivoire Deep Water Exploration Opportunities. Republique de Côte D'Ivoire. 1996: 5-11.

[16] Morrison J. Boblai V, Tea J N et al. A sequence stratigraphic approach to exploration and redevelopment in the Abidjan Margin, Côte D'Ivoire [C]//Offshore West Africa Conference and Exhibition. Abidjan, Côte D'Ivoire, PennWell Publishing, 1999: 1-11.

(编辑 叶德燎)



(上接第290页)

[18] Lezzar K E, Tiercelin J J, Le Turdu C, et al. Control of normal fault interaction on the distribution of major Neogene sedimentary depocenters, Lake Tanganyika, East African rift [J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(6): 1027-1059.

[19] 朱伟林, 江文荣. 北部湾盆地涠西南凹陷断裂与油气藏[J]. 石油学报, 1998, 19(3): 6-10.

[20] 于俊吉, 罗群, 张多军, 等. 北部湾盆地海南福山凹陷断裂特征及其对油气成藏的控制作用[J]. 石油实验地质, 2004, 26(3): 241-248.

[21] 罗群. 断裂带的输导与封闭性及其控藏特征[J]. 石油实验地质, 2011, 33(5): 474-479.

[22] 罗群, 庞雄奇. 海南福山凹陷顺向和反向断裂控藏机理及油气聚集模式[J]. 石油学报, 2008, 29(3): 363-367.

(编辑 徐文明)