

# 西非里奥穆尼盆地油气成藏条件及勘探方向

倪春华<sup>1,2</sup>, 周小进<sup>2</sup>, 包建平<sup>1</sup>, 段铁军<sup>2</sup>, 程建<sup>2</sup>, 裴威<sup>3</sup>

(1. 长江大学 地球环境与水资源学院, 武汉 430100; 2. 中国石化 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214126; 3. 无锡中关村软件园发展有限公司, 江苏 无锡 214135)

**摘要:** 西非里奥穆尼盆地经历了陆内裂谷、陆间裂谷和被动大陆边缘 3 个构造演化阶段, 发育多套烃源岩、储层及泥页岩(盐岩)盖层。以陆间裂谷阶段发育的阿普特盐岩层为界, 主要形成盐上、盐下 2 大含油气系统。盐构造、有利储层控制了盐上含油气系统的有效成藏, 优质烃源、盖层则为盐下含油气系统的关键成藏要素。综合分析认为, 里奥穆尼盆地的油气勘探重点为盐上的白垩系, 应寻找与盐构造相关、浊积砂体发育的构造—地层复合型油气藏; 对盐下领域, 应重点探索裂谷洼陷生烃中心、阿普特盐岩封盖条件好的地区, 并以近源的有利构造作为优先勘探目标。

**关键词:** 盆地演化; 含油气系统; 成藏条件; 勘探方向; 里奥穆尼盆地; 西非

**中图分类号:** TE122.1

**文献标识码:** A

## Petroleum accumulation conditions and exploration direction of Rio Muni Basin, West Africa

Ni Chunhua<sup>1,2</sup>, Zhou Xiaojin<sup>2</sup>, Bao Jianping<sup>1</sup>, Duan Tiejun<sup>2</sup>, Cheng Jian<sup>2</sup>, Pei Wei<sup>3</sup>

(1. School of Earth Environment and Water Resources, Yangtze University, Wuhan, Hubei 430100, China;

2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China;

3. Wuxi Zhongguancun Software Park Development Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu 214135, China)

**Abstract:** Based on the background of regional structural evolution, the tectono-sedimentary evolution of Rio Muni Basin, West Africa can be divided into three phases: intracontinental rift, intercontinental rift and passive continental margin. It has been proved by exploration and research that there are multilayer source rocks, reservoirs and caps in the basin. With the Aptian Salt developed in the intracontinental rift phase as the interface, there are pre-salt and post-salt petroleum systems. It is showed that salt structures and favorable reservoirs control the effective hydrocarbon accumulation of the post-salt system, while high-quality source rocks and caps are the key reservoir forming factors of the pre-salt system. It is recognized by comprehensive analysis that the petroleum exploration focus should be the Cretaceous on the salt and the complex hydrocarbon reservoirs with structure stratigraphy with the development of salt structure and turbidite sand body. It is suggested that the near-source favorable structures are priority exploration targets to the pre-salt strata in the area located in the hydrocarbon generation center of rift sag.

**Key words:** basin evolution; petroleum system; reservoir-forming condition; exploration direction; Rio Muni Basin; West Africa

中生代以来,受大西洋裂谷作用和持续扩张作用的影响,南大西洋两岸被动大陆边缘发育了一系列油气资源丰富的盆地群<sup>[1]</sup>,成为全球油气勘探开发的热点地区<sup>[2-5]</sup>。里奥穆尼盆地位于西非海岸盆地群中段,面积约  $2 \times 10^4$  km<sup>2</sup>,呈北北东向展布,主体位于赤道几内亚境内,部分在喀麦隆和加蓬境内,东部以中非地盾为界,西部与加蓬—杜阿拉深海盆地毗邻,南部与加蓬海岸盆地相接,北部

与杜阿拉盆地接壤<sup>[6-7]</sup>(图 1)。该盆地自 1999 年 Ceiba-1 井获得日产 1 687 t 原油的商业突破以来,已相继发现了 Ceiba、Akomi、Oveng 等 13 个油气田,可采储量为  $0.915 \times 10^8$  t(油当量)<sup>[8]</sup>,显示该盆地具有良好的油气勘探前景。但该盆地主体位于海域,油气勘探起步较晚,至今勘探程度较低。

油气勘探揭示,里奥穆尼盆地在陆间裂谷阶段发育了白垩统阿普特阶盐岩地层。以该盐岩层

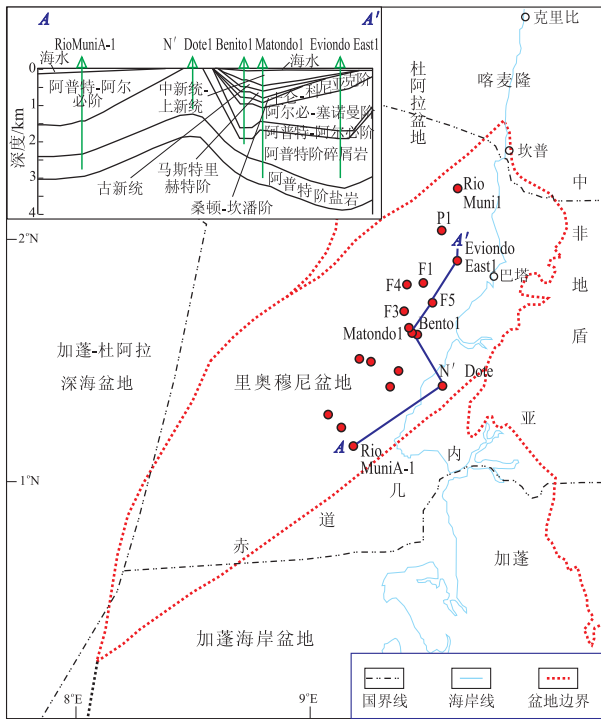


图 1 里奥穆尼盆地位置与剖面

Fig.1 Location and profile of Rio Muni Basin

为界,发育了盐上(被动大陆边缘型)、盐下(陆内裂谷型)2大含油气系统。其中盐上含油气系统包括古近系和下白垩统上部—上白垩统2套成藏组合,盐下含油气系统则由下白垩统下部的巴列姆阶—阿普特阶下部构成。目前对该盆地不同含油气系统的关键成藏条件尚不清楚,勘探方向也不够明确。本文从西非区域构造演化背景和里奥穆尼盆地的构造—沉积演化特征分析入手,围绕盐上、盐下2大含油气系统的关键成藏条件,结合与南大西洋两岸重点含油气盆地的对比,探讨该盆地下步勘探方向,以期为该区的油气勘探提供借鉴。

### 1 盆地演化特征

根据构造沉积演化的差异性,西非海岸盆地群划分为西南非盆地群、中部含盐盆地群、三角洲盆地群、走滑拉分盆地群和北部含盐盆地群<sup>[9]</sup>,里奥穆尼盆地位于中部含盐盆地群的最北端。该盆地具有典型被动大陆边缘盆地发育的断—拗双层结构,盆地演化受控于南大西洋区域构造演化背景,经历了陆内裂谷(早白垩世纽康姆期—阿普特早期)、陆间裂谷(早白垩世阿普特中—晚期)和被动大陆边缘(早白垩世阿尔必期—现今)3个构造—沉积演化阶段(图2)。

#### 1.1 陆内裂谷阶段

大西洋的形成与热柱的活动关系密切,晚三叠

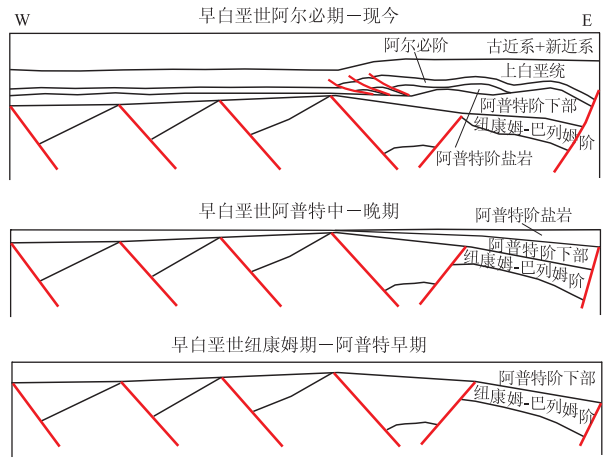


图 2 里奥穆尼盆地构造演化示意

Fig.2 Tectonic evolution sections of Rio Muni Basin

世 Camp 热柱导致北美板块与非洲板块分离,白垩纪早期 Tristan 热柱的活动使得南美板块与非洲板块裂解分离<sup>[10]</sup>。伴随南大西洋由南向北逐渐裂开,西非海岸形成一系列受北北西向基底断裂控制的陆内裂谷盆地,呈垒、堑相间的特征,并以半地堑为主。里奥穆尼盆地在该阶段经历了3期裂谷作用,分别为早白垩世纽康姆早期、纽康姆晚期—巴列姆早期、巴列姆晚期—阿普特早期,相互之间以海侵不整合面、剥蚀不整合面为界<sup>[11]</sup>,底部以砾岩、长石石英砂岩、泥岩夹火山岩不整合于前寒武系基底之上。裂谷盆地内主要为一套陆相碎屑岩沉积建造,以河流相、三角洲相、湖泊相沉积为主,并在裂谷中心发育深湖相泥页岩,成为裂谷期主要烃源岩。

#### 1.2 陆间裂谷阶段

南大西洋形成之后,海水开始由南向北侵入,但由于鲸鱼岭的阻隔,导致海水周期性地侵入<sup>[12]</sup>。同时受高温、大蒸发量等因素的影响,在鲸鱼岭和喀麦隆之间约  $100 \times 10^4 \text{ km}^2$  范围内形成一套厚度稳定、分布广泛的蒸发盐岩沉积,即大阿普特盐盆。该期沉积物主要包括2套地层,下部为潟湖环境沉积的蒸发岩层序,由薄层状盐岩夹暗色泥岩组成,平均厚度为 800 m;上部为海侵期沉积的富含有机质泥页岩,最大厚度可达 350 m。此蒸发盐沉积是西非地区一次十分重要的区域地质事件,阿普特盐岩为一套封盖盐下油气的优质区域盖层;同时,盐岩的塑性流动和底辟作用控制了盐上圈闭的形成,从而在阿普特盐岩层上、下表现出不同的构造发育特征。

#### 1.3 被动大陆边缘阶段

从早白垩世阿尔必期开始,由于大西洋的持续

扩张, 非洲、南美洲大陆的离散, 导致大西洋两侧大陆边缘持续热沉降, 陆架不断抬升, 盆地沉降中心向大西洋方向迁移。在此背景下, 里奥穆尼盆地的陆架边缘—陆坡区的盐岩、泥岩在重力作用下发生塑性流动, 形成一系列重力滑脱变形构造, 在盆地东部发育旋转断块, 在盆地西部则发育不同类型的盐构造, 如盐隆、盐刺穿等。该阶段为海侵—海退旋回背景下的一套浅海陆棚—半深海—深海相沉积<sup>[6]</sup>, 发育了 3 套半深海—深海相泥页岩, 成为盐上含油气系统的主要烃源岩, 并以阿普特阶晚期—阿尔必早期大规模海侵期的富含有机质泥岩最为重要; 同时, 该阶段还发育了浅海陆棚相砂岩、生物碎屑灰岩和半深—深海相浊积岩等多种类型的储层。

## 2 油气成藏条件

从上述盆地演化特征可以看出, 里奥穆尼盆地发育了早期陆内裂谷型和晚期被动大陆边缘型等多套烃源岩, 它们与同时期发育的储盖层构成多套油气成藏组合(图 3), 并在阿普特盐岩的区域封闭作用下, 形成盐上、盐下 2 大含油气系统。

### 2.1 盐上含油气系统

勘探与研究证实, 里奥穆尼盆地已发现的 13 个油气田均属于盐上含油气系统, 主要由 3 套烃源岩、3 套储层及多套泥页岩盖层组成, 可划分为上组合

(古近系)、中组合(下白垩统上部—上白垩统) 2 套有效成藏组合。

**有效烃源条件:** 国内外学者对于有效烃源岩在含油气系统中的重要地位已达成共识, 认为这是“顺藤摸瓜”的首要前提<sup>[14]</sup>。Ceiba、Akom1、Oveng 等油田的油源对比结果表明, 阿普特阶上部—阿尔必阶下部海相页岩和赛诺曼阶—土伦阶海相页岩为里奥穆尼盆地盐上的有效烃源岩, 并以前者作为主力烃源岩, 具有分布范围广、有机质丰度高 [ $w(\text{TOC}) > 3\%$ ]、有机质类型好(干酪根为 I—II 型)、热演化程度高(成熟—高成熟演化阶段)的特点<sup>[13]</sup>, 其形成与当时鲸鱼岭—几内亚湾之间的区域性厌氧环境有利于生烃母质的保存密切相关。根据盆地中部 Matondo 1 井的埋藏史—生烃史模拟结果, 阿普特阶上部—阿尔必阶下部海相页岩于 90 Ma 左右(赛诺曼期)进入生烃门限, 现今处于成熟—高成熟演化阶段。上部的古新统海相页岩由于埋深较小, 现今仍未成熟(表 1), 为一套潜在烃源岩。

**储层条件:** 里奥穆尼盆地盐上发育 3 套储层(表 2), 其中, 储集性能良好的桑顿阶—马斯特里赫特阶浊积砂岩为该盆地的主力油气产层, 平均孔隙度为 26%, 最大渗透率达  $1\ 000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , Okume 油田的实测孔隙度高达 32%~36%, 属于高孔高渗储层。在目前发现的 13 个油气田中, 以该套浊积砂岩作为主要产层的油气田占绝大多数(12 个), 充分体现了该储层具有十分优良的储集性能。其次, G-11 油田在古近系浊积砂岩中也获

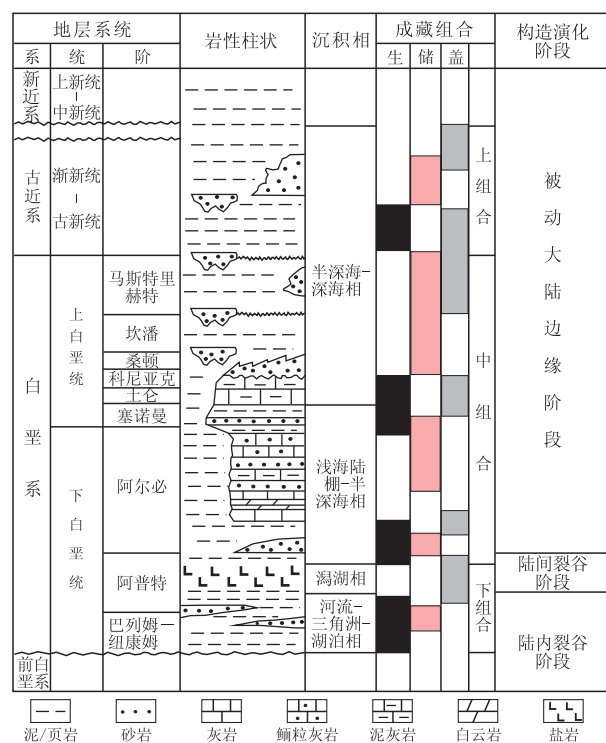


图 3 里奥穆尼盆地油气成藏组合示意

据参考文献[13]修改。

Fig.3 Plays of Rio Muni Basin

表 1 里奥穆尼盆地盐上烃源岩特征

Table 1 Characteristics of post-salt source rocks of Rio Muni Basin

烃源岩	平均 $w(\text{TOC})/\%$	干酪根类型	热演化程度	分布范围
古新统海相页岩	1~2	II-III	未熟	广泛
赛诺曼阶—土伦阶海相页岩	3~5	II	成熟	较广泛
阿普特阶上部—阿尔必阶海相页岩	>3	I-II	成熟—高成熟	广泛

表 2 里奥穆尼盆地盐上储层物性

Table 2 Physical property of post-salt reservoir of Rio Muni Basin

储层	孔隙度/%	渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$
古近系浊积砂岩	20~33	400~4 000
桑顿阶—马斯特里赫特阶浊积砂岩	26(平均)	1~1 000
阿尔必阶鲕粒灰岩、生物碎屑灰岩	20~30	

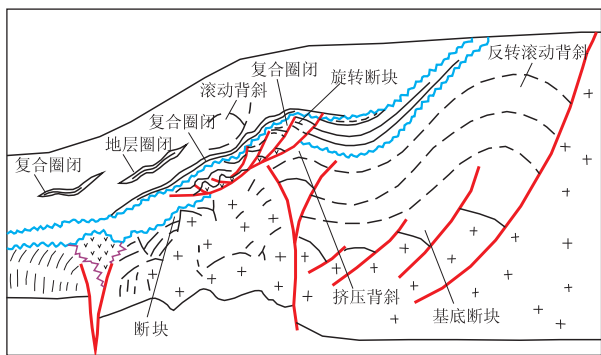


图4 里奥穆尼盆地圈闭发育类型

Fig.4 Tarp types of Rio Muni Basin

得了油气发现。阿尔必阶鲕粒灰岩、生物碎屑灰岩同样发育较好物性的储层,其含油气性有待勘探证实。

**盖层条件:**里奥穆尼盆地盐上发育多套泥页岩盖层,从阿尔必阶到古近系均有分布,并具有厚度大、分布广的特点。这些泥页岩不仅包裹了同期发育的海相浊积砂岩,而且可为浅海陆棚相的砂岩、灰岩储层提供区域封盖条件。

**圈闭条件:**从图4可以看出,里奥穆尼盆地盐上主要发育与盐构造相关的圈闭和构造—地层复合圈闭,如滚动背斜、反转滚动背斜、地层圈闭、构造—地层复合圈闭等。目前发现的13个油气田的圈闭类型均为构造—地层复合圈闭,与西非海岸其他含油气盆地已发现油气田的主要圈闭类型较为一致<sup>[15]</sup>。

从里奥穆尼盆地盐上油气成藏的基本条件及其构造发育特征分析,被动大陆边缘的陆坡带不仅是盐岩塑性流动形成各类盐构造的主要部位,而且是发育深海浊积砂体优质储层的有利沉积相带,两者叠合可为油气成藏提供有利的圈闭条件(如拱形背斜、滚动背斜、龟背斜等)和储集空间(如桑顿阶—马斯特里赫特阶),这一点可从目前已发现的油气田均集中于阿普特盐岩发育区得到佐证。该区发育储集性能优良的高孔渗储层,如Ceiba油田储层平均孔隙度为26%,平均渗透率达 $860 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。同时,盐岩塑性流动产生的众多断裂、裂缝又为下部油气提供了良好的垂向运移通道,尤其为上部古近系的油气成藏提供了有利的沟通条件(G-11油田)。由此可见,盐构造、有利储层是盐上油气成藏与富集的关键因素。

## 2.2 盐下含油气系统

里奥穆尼盆地目前尚无钻井揭示其发育盐下含油气系统,但因其与相邻的加蓬海岸、下刚果、宽扎等盆地具有相似的盆地演化特征和石油地质条

件,故推测其可能发育这套含油气系统,即由纽康姆阶—阿普特阶下部湖相烃源岩、纽康姆阶—阿普特阶下部湖相—三角洲相砂岩储层和阿普特盐岩盖层等成藏要素组成。

从区域上看,南大西洋两岸盆地群在陆内裂谷阶段广泛发育优质湖相页岩<sup>[16-18]</sup>,如桑托斯盆地主力烃源岩Guaratiba组黑色钙质页岩、坎波斯盆地Lagoa Feia组薄层黑色钙质页岩等,尤其以加蓬海岸盆地Melania组页岩品质最优,TOC含量平均为6.1%,最大值高达20%,氯仿沥青“A”含量为0.072%~0.365%,是世界上最富含有机质的烃源岩之一<sup>[16]</sup>。盐下发育的优质烃源岩为大中型油气田的形成提供了雄厚的生烃物质基础,巴西海岸盆地群(桑托斯、坎波斯等)已发现的原油,95%被证实来自该套烃源岩<sup>[19]</sup>,据此推测里奥穆尼盆地陆内裂谷阶段发育纽康姆阶—阿普特阶下部湖相页岩,但其规模与品质有待勘探实践的检验。西非海岸盆地群陆内裂谷期为陆相沉积体系,主要发育河流相—三角洲相碎屑岩储层,下刚果、加蓬海岸等相邻盆地勘探已证实其为有效储层。里奥穆尼盆地位于大阿普特盐盆的北端,故连片分布的阿普特盐岩可作为良好的区域盖层。另外,受控于陆内裂谷阶段的拉张伸展作用,盐下主要发育构造圈闭,如挤压背斜、断块等(图4)。

里奥穆尼盆地目前尚无盐下含油气系统的实例可供解剖,但加蓬海岸、桑托斯、坎波斯等邻区盐下含油气系统的成藏主控因素分析表明,“源、盖”组合决定了这套含油气系统能否有效成藏,陆内裂谷期发育的优质烃源岩为油气成藏提供雄厚的生烃物质基础,而致密的阿普特盐岩具有较强的封盖能力,有利于富集油气的保存,两者共同控制盐下含油气系统的有效成藏。

## 3 勘探方向分析

里奥穆尼盆地盐上、盐下油气地质特征不同、成藏条件差异较大,因此对于未来的勘探方向也有所不同。盐构造、有利储层控制了盐上含油气系统的有效成藏,未来勘探重点应是盐上的中组合,勘探对象主要为与阿普特盐构造相关、浊积砂体发育的构造—地层复合型油气藏。而盐上的上组合尽管具备良好的储、盖条件,但由于古近系自身发育的海相页岩未熟,需要依靠下部的白垩系油源通过断裂向上运移,且垂向运移距离较远,故勘探潜力相对较小。

对于盐下含油气系统,从南大西洋两岸的桑托

斯、坎波斯、加蓬海岸、下刚果等盆地的油气勘探结果看,该系统具有生烃物质基础好、区域封盖保存条件好的显著特点,并发育有利储层。根据里奥穆尼盆地所处的区域构造位置及其盆地演化特征,推测其具有与上述盆地相似的石油地质条件。因此,下步勘探应积极探索盐下领域,按照陆相断陷湖盆的油气富集规律,重点寻找邻近生烃洼陷中心的断隆或有利构造。值得注意的是,南大西洋由南向北逐渐裂开,因此里奥穆尼盆地的裂谷发育时间相对较晚(118 Ma)<sup>[20]</sup>,且裂谷期断陷湖盆发育的规模相对较小。

## 4 结论

(1)里奥穆尼盆地经历了陆内裂谷、陆间裂谷、被动大陆边缘3个构造—沉积演化阶段,并以陆间裂谷阶段发育的阿普特盐岩层为界,盐上发育被动大陆边缘型海相烃源岩、浊积砂岩储层及与盐构造相关的各类圈闭,为该盆地油气最为富集的领域。根据区域类比推测,盐下可能发育陆内裂谷型湖相烃源岩与河流—三角洲相砂岩储层构成的盐下成藏组合。

(2)里奥穆尼盆地盐上油气成藏主要受盐构造和有利储层的控制,并以中组合(下白垩统上部—上白垩统)勘探效果最好;而盐下油气能否有效成藏则主要取决于源(裂谷期发育的烃源岩)、盖(阿普特盐岩分布范围)2个关键成藏要素。

(3)里奥穆尼盆地地下步勘探重点为盐上的白垩系,勘探对象为阿普特盐岩分布区内与盐构造相关、浊积砂体发育的构造—地层复合型油气藏;对于盐下领域,应重点探索裂谷洼陷生烃中心、阿普特盐岩封盖条件好的地区,并以近源的有利构造作为优先勘探目标。

致谢:本文在研究过程中得到中国石化石油勘探开发研究院项目评价研究所领导和专家的支持和帮助,同时叶德燎主编在审稿过程中提出宝贵的修改意见和建议,在此一并表示诚挚的感谢。

## 参考文献:

[1] 熊利平,刘延莉,霍红.西非海岸南、北两段主要含油气盆地油气成藏特征对比[J].石油与天然气地质,2010,31(4):410-419.  
Xiong Liping, Liu Yanli, Huo Hong. Comparison of the hydrocarbon accumulation patterns of petroliferous basins between the north and south parts of the West African coast[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(4): 410-419.

[2] 程建,段铁军,倪春华,等.西非科特迪瓦盆地石油地质特征及成藏规律研究[J].石油实验地质,2013,35(3):291-295.

Cheng Jian, Duan Tiejun, Ni Chunhua, et al. Petroleum geologic features and accumulation rules of Cote D'Ivoire Basin, West Africa[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2013, 35(3): 291-295.

[3] 徐志诚,吕福亮,范国章,等.西非海岸盆地深水区油气地质特征和勘探前景[J].油气地质与采收率,2012,19(5):1-6.  
Xu Zhicheng, Lü Fuliang, Fan Guozhang, et al. Deepwater petroleum geology and exploration potential of West Africa coastal basins[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(5): 1-6.

[4] 郑钊钊,何等发,马彩琴,等.西非海岸盆地带大油气田形成条件与分布规律探析[J].西北大学学报:自然科学版,2011,41(6):1018-1024.  
Zheng Yingzhao, He Dengfa, Ma Caiqin, et al. The forming factors and distribution rules of giant oil and gas fields in the coastal basins of West Africa[J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2011, 41(6): 1018-1024.

[5] 程涛,陶维祥,于水,等.下刚果盆地北部碳酸盐岩层序地层分析[J].特种油气藏,2012,19(2):25-28.  
Cheng Tao, Tao Weixiang, Yu Shui, et al. Sequence stratigraphy of the carbonate rock in northern Lower Congo Basin[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2012, 19(2): 25-28.

[6] Turner J P. Gravity-driven structures and rift basin evolution: Rio Muni Basin, offshore equatorial West Africa[J]. AAPG Bulletin, 1995, 79(8): 1138-1158.

[7] 吴蝉,胡望水,李涛,等.西非里奥姆尼盆地的构造演化及其构造层特征[J].长江大学学报:自然科学版,2011,8(2):17-19.  
Wu Chan, Hu Wangshui, Li Tao, et al. Tectonic evolution and characteristics of structural layers of Rio Muni Basin, West Africa[J]. Journal of Yangtze University: Natural Science Edition, 2011, 8(2): 17-19.

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

[9] 张树林,杜向东.西非油气富集的关键地质因素及勘探战略部署建议[J].中国石油勘探,2012(3):70-78.  
Zhang Shulin, Du Xiangdong. Key geological factors of hydrocarbon enrichment in West Africa and suggestions for strategic exploration planning[J]. China Petroleum Exploration, 2012(3): 70-78.

[10] O'connor J M, Duncan R A. Evolution of the Walvis Ridge-Rio Grande Rise hot spot system: implications for African and South American Plate motions over plumes[J]. Journal of Geophysical Research, 1990, 95(B11): 17475-17502.

[11] 袁圣强,吴时国,马玉波,等.南大西洋深水盆地的构造沉积演化及含油气系统[J].天然气地球科学,2008,19(2):216-221.  
Yuan Shengqiang, Wu Shiguo, Ma Yubo, et al. Tectono-sedimentary evolution and petroleum systems of the deepwater basin along South Atlantic Ocean Margin[J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 19(2): 216-221.

[12] 刘祚冬,李江海.西非被动大陆边缘盆地盐构造对油气的控制作用[J].石油勘探与开发,2011,38(2):196-202.  
Liu Zuodong, Li Jianghai. Control of salt structures on hydrocarbons in the passive continental margin of West Africa[J]. Petroleum Exploration & Development, 2011, 38(2): 196-202.

[13] 吕福亮,徐志诚,范国章,等.赤道几内亚里奥穆尼盆地石油地质

特征及勘探方向[J].海相油气地质,2011,16(1):45-50.

Lü Fuliang, Xu Zhicheng, Fan Guozhang, et al. Petroleum geology and exploration directions in Rio Muni Basin, Equatorial Guinea[J]. Marine Petroleum Geology, 2011, 16(1):45-50.

[14] 罗开平,周祖翼,何治亮.含油气系统理论在中国盆地研究中的应用与发展[J].石油实验地质,2007,29(2):143-148.  
Luo Kaiping, Zhou Zuyi, He Zhiliang. Application and development of petroleum system in China basins[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2007, 29(2):143-148.

[15] 郑应钊.西非海岸盆地带油气地质特征与勘探潜力分析[D].北京:中国地质大学,2012:109.  
Zheng Yingzhao. Petroleum geology features and exploration potential analysis in the coastal basins of West Africa [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2012:109.

[16] 汪伟光,喻莲,聂明龙.南大西洋两岸被动大陆边缘盆地油气地质特征对比[J].新疆石油地质,2012,33(2):250-255.  
Wang Weiguang, Yu Lian, Nie Minglong. Comparison of hydrocarbon geological characteristics of intercoastal passive continental margin basins, South Atlantic Ocean[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2012, 33(2):250-255.

[17] 刘延莉,邱春光,熊利平.西非加蓬盆地沉积特征及油气成藏规律研究[J].石油实验地质,2008,30(4):352-357.

Liu Yanli, Qiu Chunguang, Xiong Liping. Study of the sedimentary characteristics and hydrocarbon accumulation rules for the Gabon Basin, West Africa [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(4):352-357.

[18] 何娟,何登发,李顺利,等.南大西洋被动大陆边缘盆地大油气田形成条件与分布规律;以巴西桑托斯盆地为例[J].中国石油勘探,2011(3):57-68.

He Juan, He Dengfa, Li Shunli, et al. Formation and distribution of giant oil and gas fields in passive continental margin of South Atlantic Ocean; a case study of Santos Basin in Brazil [J]. China Petroleum Exploration, 2011(3):57-68.

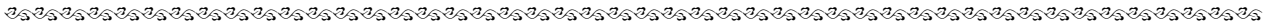
[19] 刘剑平,潘校华,马君,等.西部非洲地区油气地质特征及资源概述[J].石油勘探与开发,2008,35(3):378-384.

Liu Jianping, Pan Xiaohua, Ma Jun, et al. Petroleum geology and resources in West Africa; an overview [J]. Petroleum Exploration & Development, 2008, 35(3):378-384.

[20] 马君,刘剑平,潘校华,等.东、西非大陆边缘比较及其油气意义[J].成都理工大学学报:自然科学版,2009,36(5):538-545.

Ma Jun, Liu Jianping, Pan Xiaohua, et al. Geological characters of the East and West Africa continental margins and their significance for hydrocarbon exploration [J]. Journal of Chengdou University of Technology: Science & Technology Edition, 2009, 36(5):538-545.

(编辑 徐文明)



(上接第582页)

[29] 庞宏,庞雄奇,陈冬霞,等.相势复合控藏作用在塔中北部地区的应用研究[J].中国矿业大学学报,2010,39(4):591-598.  
Pang Hong, Pang Xiongqi, Chen Dongxia, et al. Application of facies and potential coupling on hydrocarbon accumulation in the Northern Tazhong Area [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2010, 39(4):591-598.

[30] 邹才能,陶士振,薛叔浩.“相控论”的内涵及其勘探意义[J].石油勘探与开发,2005,32(6):7-12.  
Zou Caineng, Tao Shizhen, Xue Shuhao. Connotation of “Facies Control Theory” and its significance for exploration [J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(6):7-12.

[31] Hubbert M K. Entrapment of petroleum under hydrodynamic condition [J]. AAPG Bulletin, 1953, 37(8):1954-2026.

[32] Eenland W A, Mackenzie A S, Mann D M, et al. The movement and entrapment of petroleum fluids in the subsurface [J]. Journal of Geological Society, 1987, 114(2):327-347.

[33] Magara K. Reevaluation of montmorillonite dehydration as cause of abnormal pressure and hydrocarbon migration [J]. AAPG Bulletin, 1975, 59(2):292-302.

[34] Berg R R. Capillary pressures in stratigraphic traps [J]. AAPG Bulletin, 1975, 59(6):939-956.

[35] 李明诚,单秀琴,马成华,等.砂岩透镜体成藏的动力学机制[J].石油与天然气地质,2007,28(2):209-215.

Li Mingcheng, Shan Xiuqin, Ma Chenghua, et al. Dynamics of sand lens reservoir [J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(2):209-215.

[36] 于国庆,王铭宝,杨彬.埕东油田埕913断块沙三段砂砾岩油藏储层特征研究[J].特种油气藏,2003,10(3):6-8,17.

Yu Guoqing, Wang Mingbao, Yang Bin. Characteristics of glutenite reservoir in Sha 3 formation of block Cheng 913 in Chengdong oilfield [J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2003, 10(3):6-8, 17.

(编辑 黄娟)