

西非北加蓬次盆 G 区块 UPC 段 油气成藏模式及主控因素

房大志, 卫秋婷

中国石化股份有限公司华东分公司石油勘探开发研究院, 南京 210011

摘要 加蓬盆地作为西非被动大陆边缘重要的含油气沉积盆地,是目前油气勘探的热点地区,而 G 区块是中国在北加蓬次盆地的重要投资勘探开发区块。对该区块地层和沉积特征,以及烃源岩、储层、盖层、输导体系等油气成藏条件的分析表明,G 区块石油地质条件优越,发育有优质烃源岩,而 UPC 段作为 G 区块的主力产油层,储层物性很好,且该区块储盖组合配置关系良好。G 区块油藏多为受构造控制的断背斜、断块油藏,油气主要富集在构造高点。研究表明,G 区块油气成藏模式为“深源充注,断层盐边砂体输导,构造成藏”,油气成藏的主控因素为与盐运动相关的构造圈闭。

关键词 被动大陆边缘盆地;北加蓬次盆;Point Clairette 组;成藏模式;主控因素

中图分类号 TE12

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.25.003

Reservoir Formation Model and Main Controlling Factors of G Block in North Gabon Sub-basin

FANG Dazhi, WEI Qiuting

Research Institute of Petroleum Exploration & Development, East China Company, Sinopec, Nanjing 210011, China

Abstract The Gabon basin is a sedimentary basin with oil and gas in the passive continental margin of West Africa, and is considered as a main hydrocarbon exploration area. The G block is a key investment block in north Gabon sub-basin. The petroleum geological conditions of the G block are favorable. As a typical oil and gas reservoir in the passive continental margin basin, the oilfield in the G block could be a good reference for other blocks in terms of the geological condition and the hydrocarbon accumulation and distribution. In order to reveal the hydrocarbon accumulation and its main control factors for the oilfields in the G block, this paper analyzes the source rock, the reservoir, the cap rock, the trap and the hydrocarbon migration system in terms of stratigraphic and structural characteristics. It is confirmed that in the G block there are high quality resource rocks, sand reservoirs of good petrophysical properties, and the reservoir and seal assemblage is good. The UPC member is the main pay zone in the G block. The oil reservoirs in the G block are mainly structural traps such as the anticline and fault blocks controlled by tectonic activities, and the hydrocarbon accumulates mainly in the high structural closer. This paper presents the accumulation model in the G block, including the generation and feed from the deeper source rock, the migration through faults, salt and sandstone, the oil and gas accumulation in structural traps, and the main factors for the hydrocarbon accumulation are traps related with salt structure.

Keywords passive continental margin basin; North Gabon Sub-basin; Pointe Clairette formation; accumulation model; main factors for hydrocarbon accumulation

0 引言

加蓬盆地油气勘探始于 20 世纪 50 年代,70 年代开始油气产量逐年增高,90 年代末达到高峰期,进入 21 世纪油气增量有所停滞,但近年来盆地油气产量开始回升,“小而肥”的油气田陆续被发现^[1]。2005 年,中国石化股份有限公司与加蓬政

府签订共同勘探开发技术合同^[2],并开始对 G 区块进行新一轮油气勘探,已发现若干重要油气层系和丰富的油气显示^[3-4]。

加蓬海岸盆地属于典型的被动大陆边缘盆地,从大地构造上被划分为北加蓬次盆、南加蓬次盆、内陆盆地和兰巴雷内地垒^[5]。次级盆地之间分别以恩科米断裂带和兰巴雷内地垒为

收稿日期:2012-06-12;修回日期:2012-07-21

基金项目:中石化科技部重大专项(JP10002)

作者简介:房大志,助理工程师,研究方向为石油与天然气地质、油气区块综合分析,电子信箱:157334594@qq.com

界^⑥。G 区块位于北加蓬次盆中部 (图 1, 底图源自 IHS ENERGY 数据库), 面积为 1240km²。该区块西、北临大西洋, 沿海地区为平原, 河流密布, 发育森林、泻湖、沼泽等, 属热带雨林气候。在该区块最早由 SPAFE 公司在 1954 年开始油气

普查勘探, 先后有 6 家石油公司实施了大规模勘探作业, 发现了多个含油气构造。中国石化股份有限公司在 G 区块 W 背斜构造部署了一口探井获得较好油气显示, 从而优选 W 含油构造作为该区块最主要的油气富集区开展了系列勘探研究和部署工作, 陆续完钻 10 口探井, 取得了较好的油气成果, 不断扩大 W 含油构造的储量规模, 2012 年 W 油田正式进入开发建产阶段。

一直以来针对北加蓬次盆的油气勘探主要是将上白垩统深水浊积扇相砂体作为主要目的层, 因此已发现油田 80% 以上分布在北加蓬次盆近海区域, 海上区块成为勘探热点区, 勘探目标较为单一。本文所研究的 G 区块为北加蓬次盆陆上区块, 勘探层系除上白垩统 (Anguille 组、LPC 段) 深水浊积扇砂体, 还针对 UPC 段海陆过渡相的三角洲相砂体做了详细的勘探论证和分析。分析研究及钻井实践证实 UPC 段三角洲相砂体具备较好油气成藏条件, 陆上区块也发育有利油气富集区, 且陆上区块的三角洲相砂体勘探工作获得重要突破, 进一步扩展了北加蓬次盆油气勘探层系及油气资源规模。

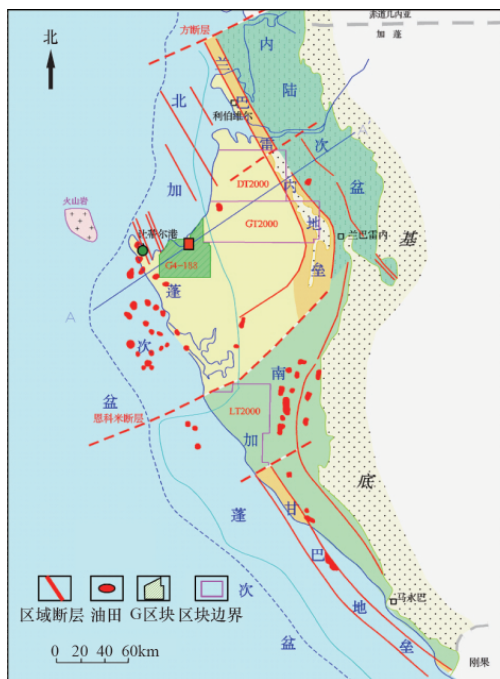


图 1 北加蓬次盆 G 区块构造位置

Fig. 1 Tectonic location of G block in North Gabon Sub-basin

1 研究区概况

1.1 地层特征

钻井证实 G 区块地层从下而上依次钻遇上白垩统 Azile、Anguille、Point Clairette、Port Gentile 组以及第三系等地层 (图 2)^⑦。G 区块已钻遇的多套油气层主要富集在 Anguille 和 Point Clairette 组砂岩储层中, 其中 Point Clairette 组为最重要

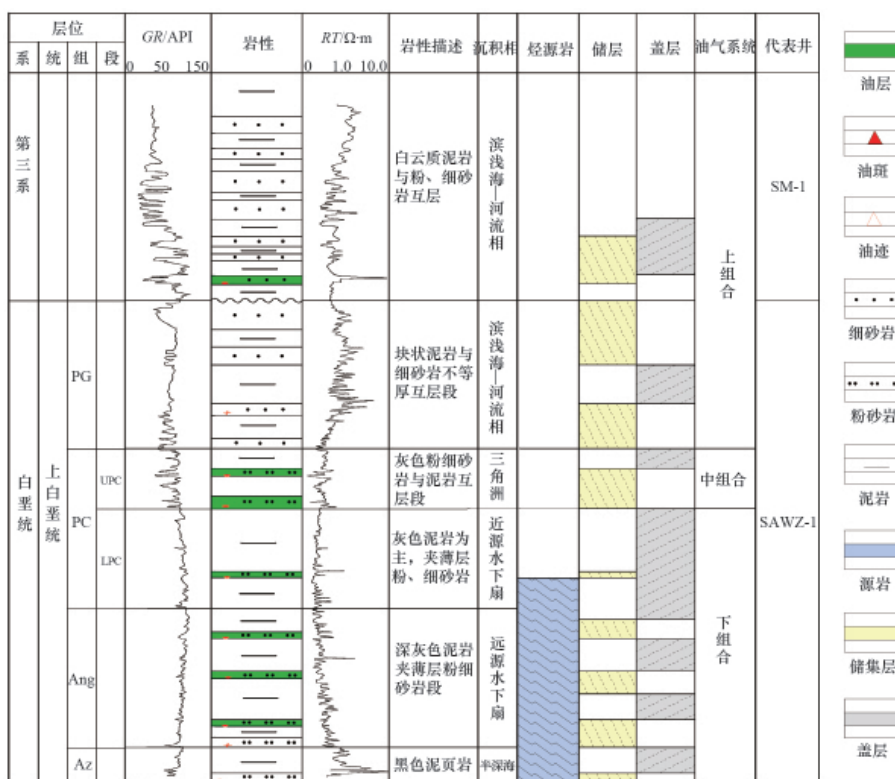


图 2 G 区块 W 油田地层综合柱状图

Fig. 2 Comprehensive stratigraphic column of W oilfield in G block

产油层,厚度在 610—1033m,砂地比含量高。根据砂地比含量将 Point Clairette 组进一步划分为 UPC(Upper Point Clairette)段和 LPC(Lower Point Clairette)段 2 套地层,其中 UPC 段是一套三角洲前缘亚相的砂泥岩互层,砂泥岩比为 50%—80%;LPC 段为大套泥岩夹薄层粉细砂岩段,砂地比为 2%—15%,储层属近源滑塌浊积扇沉积的辫状水道砂体,横向变化大。

分析各段地层的岩性、电性特征,按沉积旋回方法对各段地层进行砂组和小层划分。根据沉积旋回和砂体纵向分布特征,以旋回底部分布稳定的泥岩层作为标志层,将 UPC 段划分 4 个砂组;利用岩性特征并结合电性曲线对砂组内小层进行划分,细分为 16 个小层(图 3)。

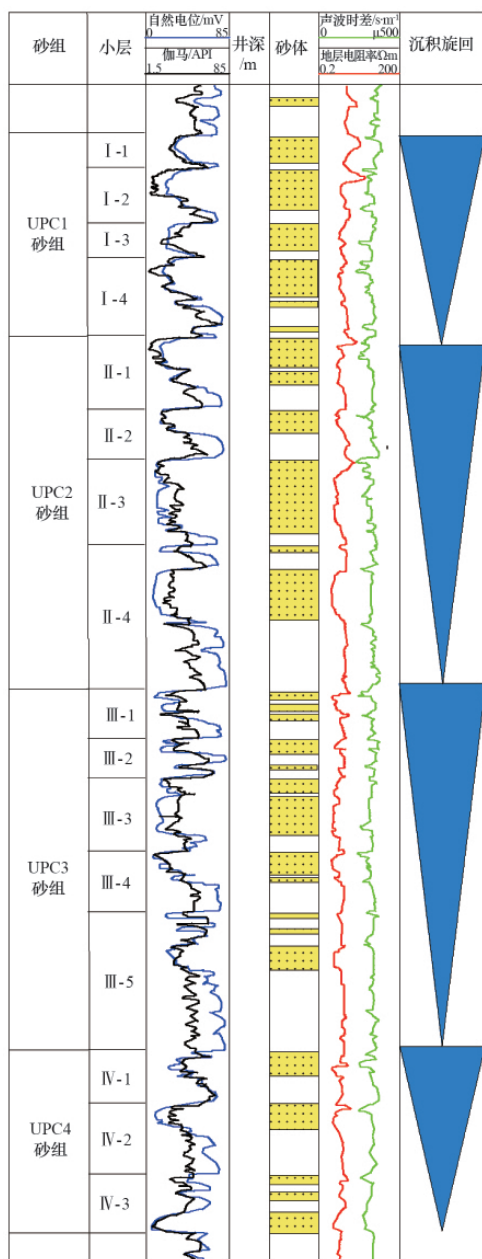


图 3 W 油田 UPC 段砂组及小层划分示意图
Fig. 3 Schematic diagram of sand group and subzone division of UPC member in W reservoir

1.2 沉积相特征

UPC 段主要为三角洲沉积,沉积韵律为反韵律,局部呈现复合韵律特征。岩心资料显示其砂岩主要为粉细砂岩,砂体中可见交错层理、斜层理和平行层理,含有介形虫、有孔虫等化石。砂体一般厚 3—20m(图 3),主要为三角洲前缘亚相水下分流河道、分支河口砂坝等微相(图 4)。

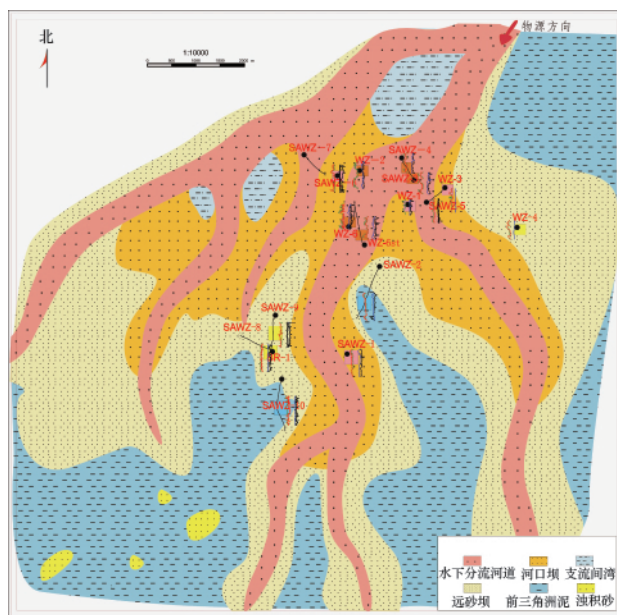


图 4 W 油田 UPC 段 III-3 小层平面微相
Fig. 4 Plane sedimentary micro-facies of III-3 subzone in W oilfield UPC

水下分流河道为陆上分流河道的水下延伸部分,SAWZ-1 井 1073—1078.56m 井段岩心为灰色粉砂岩、细砂岩,发育斜层理、交错层理和水平层理,并见层内变形构造。垂直流向剖面上砂体呈透镜状,侧向变为细粒沉积物。自然电位曲线主要为典型的箱形或钟形。

分支河口砂坝是在分流河道入海口附近形成的砂质浅滩。SAWZ-1 井 1226.21—1230.72m 井段岩心为灰色粉砂岩,在垂向上具有典型的向上变粗的反韵律特征,概率图呈两段式,主要由跳跃总体组成,分选磨圆都很好,缺乏泥质组分。发育水平层理、斜层理、交错层理,化石稀少。自然电位曲线为中-高幅漏斗形或略齿化的箱形,垂向上与水下分流河道的箱形、钟形相连。

1.3 油藏特征

地面原油分析结果表明,UPC 段原油性质较好,具有中质、中高黏度、低含硫、低凝固点等特点,原油物性参数见表 1。

UPC 段地层水样分析化验显示水型均为 CaCl_2 ,矿化度为 59540mg/L,氯离子质量浓度为 36230mg/L,pH 值为 6.77,为弱酸性。

钻井试油及高压物性分析资料证实 UPC 段油藏温度为 50—55℃,地温梯度为 1.95—2.21℃/100m,油藏压力为 11.89—13.73MPa,压力系数约为 0.98—1.04,属常温常压系统。

表 1 G 区块 W 油田原油性质统计

Table 1 Crude oil property statistics of W oilfield in G block

井号	取样深度/m	密度/(g·cm ⁻³)	黏度/(mPa·s)	含硫/%	含蜡/%	沥青质/%	含水率/%	凝固点/°C	初馏点/°C	馏分/%	
		20°C	20°C							200°C	300°C
SAWZ-2	1029.84—1037.91	0.898	21.935	0.29	0	0.55	0	17.8	185	3.5	23.7
	1394.13—1397.5	0.832	2.747	0.14	0	0.62	0	12.25	59.5	26.1	49.6
SAWZ-3	1091.9—1101.9	0.908	24.311	0.307	0	0.83	0	-15	119.5	4.1	27.9
	1246.7—1261.0	0.876	8.153	0.195	0.02	0.85	0	20.5	99.5	10.1	38.4

2 油气成藏条件分析

2.1 烃源岩

从区域地质上看,加蓬盆地位于西非含盐油气盆地大西洋次级盆地的边缘,油气资源十分丰富;且作为一个典型的裂谷和被动大陆边缘复合盆地,其构造演化经历了多次海进和海退,在盆地低位域沉积了大量富含有机质的暗色泥岩,为油气生成提供了物质基础^[8-9]。

G 区块发育 2 套烃源岩, Azile 和 Anguille 组海相页岩,其中 Azile 组页岩为区域性主力生油岩,其干酪根类型属 II₂—II₁ 型,总有机碳(TOC)在 1%—4%之间,热解潜量 S₂ 为 2—10mg/g, S₂ TOC 为 2×10⁴—4×10⁴mg/g,表现出较高的有机质丰度和生烃潜力;热解峰温 T_{max} 为 430°C,镜质体反射率 R_o>0.5%,烃源岩已达到生烃门限。

2.2 储集层

UPC 段储层岩性主要为灰色粉-细砂岩,碎屑以石英为主(达 90%左右),长石少量(少于 10%)。砂岩颗粒支撑,胶结类型以孔隙-接触混合胶结为主,其次为接触胶结。岩石主要粒径为 0.04—0.07mm,分选好,磨圆度为次棱-次圆状,颗粒支撑类型,接触方式为点、线接触,孔隙型胶结类型。砂岩中胶结物主要以泥质为主,黏土矿物充填孔喉。副矿物有锆石、电气石、铁矿物等。有孔虫保留较完整。

UPC 段储集层孔隙以次生孔隙为主,孔隙分布不均,局部集中分布,局部面孔率最高为 15%,孔隙主要为溶蚀粒间孔,偶见粒内溶孔、铸模孔、原生粒间孔。溶蚀粒间孔形态呈不规则状、多边形,孔隙边缘见明显的溶蚀现象,部分呈溶蚀港湾状(图 5)。粒内溶孔为局部长石、易溶岩屑等内部受溶形成。铸模孔形态多为长石铸模孔。原生粒间孔形态呈三角状、多边形等,孔隙边缘平直,未见明显的溶蚀现象。该段砂岩中可变断面的收缩部分为主要喉道,次为片状、弯片状喉道。

岩心试验分析 UPC 段储层平均孔隙度为 30.50%,最高可达 34.36%;平均渗透率为 183.67×10⁻³μm²,最高可达 1001.16×10⁻³μm²,表明 UPC 段储层具备良好的储集物性,为 UPC 段油气聚集奠定基础。

2.3 盖层

UPC 段发育河道泥岩、粉砂质泥岩和三角洲平原亚相的

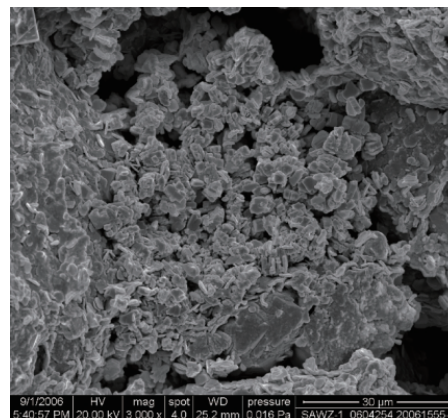


图 5 W 油田 UPC 段砂岩扫描电镜(粒间孔分布高岭石)

Fig. 5 Scanning electron microscope of UPC sandstone in W reservoir (kaolinites developed at intergranular pores)

河泛平原的泥质岩,厚度一般在 5—20m,具备较高的封堵性能,可作为该段油气成藏的有效盖层。

2.4 输导体系

UPC 段油气运移聚集与断裂活动密切相关,深源浅聚是其主要的成藏特征。油气输导体系由两部分组成,一是断裂系统,主要为晚白垩世土伦期末受盐岩底辟拱升影响发育的系列同沉积断层,断层活动时间长,切割至深部 Azile 组生油岩层,油气沿同沉积断层面垂向运移至浅层 UPC 段储层,是输导油气运聚成藏的主要通道;二是砂体连通系统,UPC 段砂岩主要属三角洲前缘河道砂,物性好,油气可通过砂体运移至构造高点聚集成藏。

3 成藏模式及主控因素

3.1 成藏模式

对构造演化史的研究表明,G 区块由于伸展成因形成于上白垩统土伦期末,并持续发育至古新世。Azile 组烃源岩在第三纪中新世之后进入生油窗,油气发生区域性运移进入到构造圈闭内富集成藏,因此该区与西非油气区一样,圈闭形成与生烃期有良好的匹配关系^[10]。UPC 段成藏模式为深层油气沿断裂、盐边等纵向通道向上运移至浅层,在拱顶断层控制的局部构造高点富集成藏(图 6)。

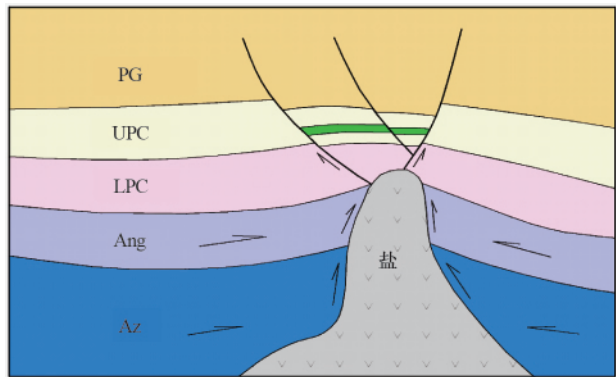


图6 W油田油气成藏模式
 Fig. 6 Hydrocarbon accumulation model
 map of W reservoir

3.2 主控因素

从区域地质上看,盐岩相关构造和滚动背斜构造是西非盐上被动大陆层序内最发育的两类构造。盐岩相关构造主要受盐运动控制,盐丘在刺穿过程中引起围岩强烈变形,盐核周围地层向上翘起,盐核顶部地层向上隆起形成背斜,并伴生一个复杂的地堑断裂系统^[10]。G区块W油田构造整体为盐岩隆起背景下继承性发育而成的顶部塌陷构造,发育背斜和V型正断层组,被北东—南西向主干断层分割为“两垒一嵌”格局,目前钻遇油气层主要集中在东断鼻带。UPC段圈闭类型主要为断背斜和断鼻、断块构造。本区成藏主控因素为圈闭,油气藏分布受构造控制,因此精细解释断层和落实构造是发现油气藏的关键。

4 结论

G区块发育2套海相主力烃源岩,生烃潜力大,UPC段三角洲前缘水下分流河道及河口坝砂体为该区块主要储集层,储层物性良好,结合上覆厚层河道泥岩、粉砂质泥岩和三角洲平原亚相的河泛平原的泥质岩作为盖层,使G区块具备优质的储盖组合。

G区块油气成藏模式为深层油气沿断裂、盐边等纵向通道向上运移至浅层后又沿砂体横向运移至拱顶断层控制的

局部构造高点富集成藏;且与盐构造相关的构造圈闭为G区块油气成藏的主控因素,即断背斜及断块构造高部位控制油气分布。

参考文献 (References)

- [1] 李莉,吴慕宁,李大荣. 加蓬含盐盆地及领区勘探现状和前景[J]. 中国石油勘探, 2005(3): 57-63.
 Li Li, Wu Muning, Li Darong. *China Petroleum Exploration*, 2005 (3): 57-63.
- [2] 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 Exploration and Development*, 2008, 35(3): 378-384.
- [3] 李彦忱,郭念发. 非洲加蓬海岸盆地北加蓬次盆G4-188区块油气成藏分析[J]. 中国石油勘探, 2008(3): 55-59.
 Li Yanchen, Guo Nianfa. *China Petroleum Exploration*, 2008(3): 55-59.
- [4] 饶铁群. 加蓬海岸盆地油气地质特征及勘探前景[J]. 内蒙古石油化工, 2012(1): 147-149.
 Rao Yiqun. *Inner Mongolia Petrochemical Industry*, 2012(1): 147-149.
- [5] 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. *Petroleum Geology & Experiment*, 2008, 30(4): 352-357.
- [6] 刘祚冬,李江海. 西非被动大陆边缘含油气盆地构造背景及油气地质特征分析[J]. 海相油气地质, 2009, 14(3): 46-52.
 Liu Zuodong, Li Jianghai. *Marine Origin Petroleum Geology*, 2009, 14(3): 46-52.
- [7] Edwards J D, Santogrossi P A. 离散或被动大陆边缘盆地 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2000: 115-192.
 Edwards J D, Santogrossi P A. *Divergent/passive margin basins* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000: 115-192.
- [8] 张波. 非洲加蓬X区块油气成藏条件及勘探潜力分析[J]. 海相油气地质, 2006, 11(1): 30-34.
 Zhang Bo. *Marine Origin Petroleum Geology*, 2006, 11(1): 30-34.
- [9] Edwards A, Bignell R. Hydrocarbon potential of West African salt basin [J]. *Oil and Gas Journal*, 1988, 86(50): 71-74.
- [10] 林卫东,陈文学,熊利平,等. 西非海岸盆地油气成藏主控因素及勘探潜力[J]. 石油实验地质, 2008, 30(5): 450-455.
 Lin Weidong, Chen Wenxue, Xiong Liping, et al. *Petroleum Geology & Experiment*, 2008, 30(5): 450-455.

(责任编辑 孙秀云,马骁骁)