

# 北加蓬次盆油气成藏主控因素分析及勘探潜力评价

郭念发

(中国石化 国际石油勘探开发公司, 北京 100083)

**摘要:**北加蓬次盆是一个裂谷盆地与被动大陆边缘盆地叠加形成的中、新生代复合盆地, 油气成藏明显受构造运动、沉积环境、盐岩变形等地质因素的控制。盆地东部因抬升剥蚀而遭受不同程度的破坏, 烃源岩及油气藏没有很好地保存, 导致了东部构造带和西部构造带油气资源贫富差异较大。沉积环境影响储层发育, 上白垩统浊积扇砂体和三角洲砂体是盐上层系最重要的储层, 油气圈闭的形成与盐岩构造活动密切相关, 圈闭类型丰富多彩。根据盐上层系烃源岩和浊积砂体储层分布等地质规律研究, 北加蓬次盆大西洋深水斜坡带的中南部处于 Azile 组主力烃源岩分布区, 油气源供给条件优越, 储层发育, 油气成藏条件得天独厚, 是盆地油气勘探最有利的地区。

**关键词:** 油气成藏; 主控因素; 勘探潜力; 北加蓬次盆

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

## Main controlling factors and exploration potential of hydrocarbon reservoirs in North Gabon sub-Basin

Guo Nianfa

(SINOPEC International Petroleum Exploration and Production Corporation, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The North Gabon sub-Basin is a Mesozoic-Cenozoic rift and divergent margin basin. The oil and gas reservoirs in the basin were controlled by tectonic movements, sedimentary environments and salt structures. The east of the basin was eroded due to regional uplift, and source rocks and hydrocarbon reservoirs were destroyed, leading to a significant difference of hydrocarbon potential between the east and the west tectonic belts. Sedimentary environments impacted reservoirs. The Upper Cretaceous turbidity sandstones and offshore sandstones were important reservoirs for the post salt layers. Various traps developed, which were related to salt structure activities. Based on research of the turbidity sandstones and offshore sandstones of the post-salt layers, the main hydrocarbon reservoirs of the North Gabon sub-Basin mainly lie on the middle-south, deep ocean slope belt, which is the center of the major source rocks of the Azile Formation. Thanks to favorable sourcing and reserving conditions, the middle-south, deep ocean slope belt has considerable hydrocarbon prospects.

**Key words:** hydrocarbon accumulation; controlling factor; exploration potential; North Gabon sub-Basin

### 1 区域地质概况

北加蓬次盆(North Gabon sub-Basin)是加蓬海岸盆地一个次盆, 面积为  $5.52 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 其中陆上面积约  $1.32 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 海上面积约  $4.20 \times 10^4 \text{ km}^2$  (图 1), 它是裂谷盆地与被动大陆边缘盆地叠加形成的中、新生代复合型盆地<sup>[1]</sup>。沉积组合具有明显的三分性, 发育了盐下、盐层及盐上 3 套沉积层序。含油气层序以盐上层系为主, 油气藏大多分布于上白垩统 Anguille 组和 Point Clairette 组砂岩以及第三系储层中。油气成藏受沉积相带和有利构造带以及盐岩活动等因素控制。近年来, 对北加蓬

次盆油气成藏理论研究不断深化。本文通过成藏主控因素分析, 旨在推动北加蓬次盆油气勘探向纵深发展。

### 2 油气成藏主控因素分析

北加蓬次盆油气成藏具有明显的递变性, 盆地西部油气富集, 东部油气贫乏; 东部油气藏层系变老, 以盐下含油气层系为主, 西部油气藏层系变新, 以盐上含油气层系为主。从成藏主控因素来看, 烃源岩、储层是影响油气成藏的关键因素, 油气充注程度和油气藏规模受烃源岩发育程度、储层分布状态的双重控制, 这些制约因素与区域构造、沉积环

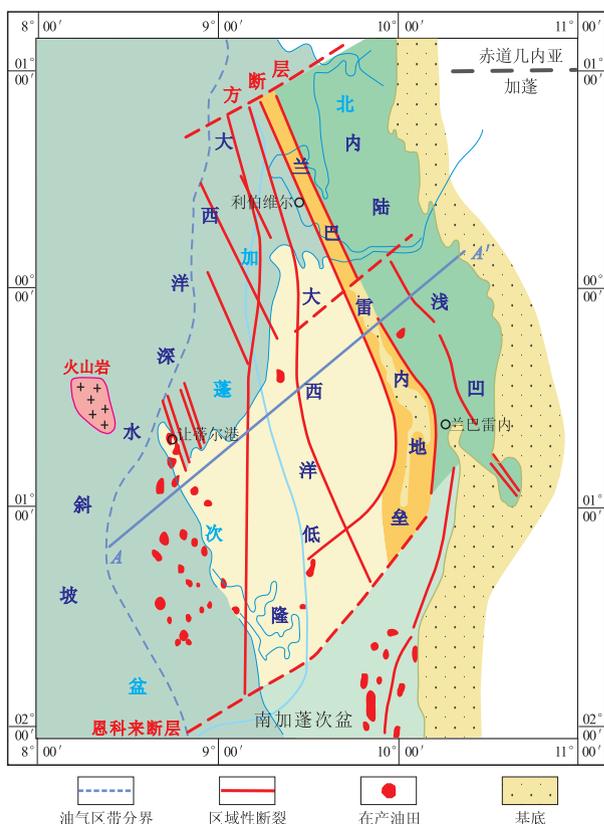


图1 北加蓬次盆油气聚集带与油气田分布

Fig.1 Reservoirs and oil and gas fields in North Gabon sub-Basin

境、盐岩活动密切相关。

## 2.1 区域构造带控制油气藏展布

构造上盆地经历了裂谷阶段、过渡阶段和被动大陆边缘阶段3个演化阶段<sup>[2-3]</sup>。裂谷阶段盆地断裂切割作用强烈,形成一系列次凹、地垒和浅凹次级构造单元。过渡阶段区域性抬升,形成区域性不整合,断裂作用发育,形成一系列的断垒断块。被动大陆边缘阶段受北西—南东向断裂特别是大西洋枢纽带的控制,盆地在北西—南东断裂和北东—南西向2组断裂体系控制下,结构上呈现出东西分带、南北分块的构造格局。这种构造格局长期稳定,并不断得到继承和发展。

与区域构造演化相适应,盆地油气藏按照北西—南东断裂和北东—南西向构造线带状分布,总体上,从东向西含油气层位逐步变新,含油气层位及油气田数量逐渐增多,资源规模逐渐增大。以区域构造单元为基础,可将盆地划分为大西洋深水斜坡带、大西洋斜坡低隆带、内陆浅凹3个油气聚集单元(图1)。

### 2.1.1 大西洋深水斜坡油气聚集带

大西洋深水斜坡带为油气资源最丰富的地区,储量较大,含油气层系主要为 Anguille 组砂岩和

Point Clairette 组砂岩,该油气聚集带是勘探程度最高、油气发现最多的构造带。近年来,北加蓬次盆发现的主要油气田均分布在该油气聚集带。

北加蓬次盆发现的最大油气田 Anguille 油气田位于该带,探明石油储量达  $5\ 100 \times 10^4$  t (350 MMbbl),天然气储量为  $99.085 \times 10^8$  m<sup>3</sup> (350 bscf)。此外,储量规模较大的油气田也分布在该油气聚集带上,如 Gronzin 油气田探明石油储量为  $4\ 095 \times 10^4$  t (286.67 MMbbl), Torpille 油气田探明石油储量为  $2\ 957 \times 10^4$  t (207.67 MMbbl), Barbier 油气田探明石油储量为  $1\ 942 \times 10^4$  t (136 MMbbl)。这些油气田的油气藏类型一般为构造—岩性复合油气藏。

### 2.1.2 大西洋斜坡低隆油气聚集带

该油气聚集带油气资源相对贫乏,发现油气储量规模不大。含油气层系主要为 Anguille 组砂岩和 Point Clairette 组砂岩,圈闭类型为低幅度背斜构造。发现的油气田均为小型油气田,例如 M' Boumba 油气田探明石油储量为  $285.7 \times 10^4$  t (20 MMbbl), Rembo 油田探明石油储量为  $257 \times 10^4$  t (918 MMbbl), Assewe 油气田探明石油储量为  $85.7 \times 10^4$  t (6 MMbbl)。

### 2.1.3 内陆浅凹

内陆浅凹发育了盐下 Melania 组(生)—Dentale 组/Gamba 组(储)油气成藏组合。主要储层为盐下层系白垩系 Gamba 组砂岩。盐岩覆盖之下的 Gamba 组为低幅度背斜构造控制油气藏。主要的烃源岩为湖相沉积的 Melania 组黑色泥岩。由于该油气聚集带整体资源潜力较小,勘探程度低,发现油气田较少。在临近兰巴雷内地垒附近发现一个 Gamba 组低幅度背斜油藏,该油藏可采储量为  $71 \times 10^4$  t (5 MMbbl),是盆地陆上规模最小的油田之一。

## 2.2 沉积相带对油气成藏的控制

除构造因素影响外,烃源岩沉积中心对油气聚集影响较大。由于 Azile 组烃源岩分布在盆地西部,主要油气藏均出现在盆地西部,而盆地东部 Azile 组烃源岩不发育,油气勘探成功率较低。

早白垩世阿普第(Aptian)期,盆地转变为潟湖相,沉积建造以形成 Ezanga 组蒸发岩系为特征,盐岩厚度最大达 800 m。土伦期(Turonian)盆地进入海相环境,出现一次最大规模的海侵,土伦阶 Azile 组的沉积中心位于海上,Azile 组以黑色泥岩为主,为盆地主要烃源岩,地层厚度约 900~1 100 m。向东逐渐相变为台地相沉积,岩性以台地碳酸盐岩为主<sup>[4-5]</sup>。区域上,Azile 组烃源岩有机质类型以 I—II 型为主,局部 II—III 型;总有机碳含量平均为 3%~5%。

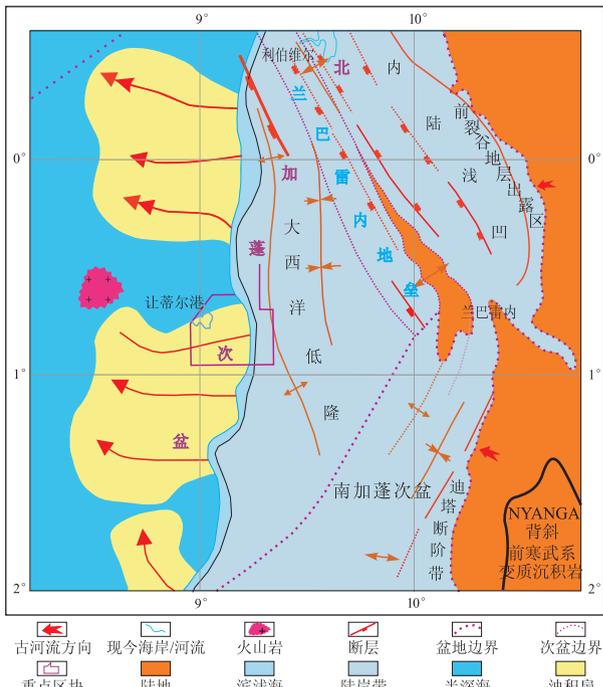


图 2 北加蓬次盆 Anguille 组浊积砂岩分布  
 Fig.2 Turbidity sand distribution in Anguille Formation, North Gabon sub-Basin

海侵环境下形成不同物性的储层, Anguille 组为浊积扇砂岩沉积体系, 为盆地第一套储层。Anguille 组浊积砂岩受地形变化影响较明显, 一般分布在地形坡度较大或断裂差异升降区, 这些地区的沉积物分布相对不稳定, 易于产生滑动或垮塌堆积, Anguille 组浊积砂岩向西呈发散状分布(图 2)。该海相浊积砂岩包括浊积河道砂、下切谷、溢岸薄层砂和滑塌浊积砂体等, 具有单层厚度小、不连续分布的特征, 储层物性较好, 但非均质性较强; 地层厚度为 10~100 m, 孔隙度为 5%~30%, 渗透率为  $(1\sim700)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$ 。该储层主要发育在次盆西部, 大约 69% 的石油储量分布在 Anguille 组砂岩。

Point Clairette 组浅海相砂岩是盆地第二套储层, 为浅海相三角洲沉积, 分布范围广, 层位稳定, 物性较好, 非均质性较弱。但该储层距离 Azile 组烃源岩较远, 在油气运移通道不畅的情况下, 油气充满丰度较低。

### 2.3 盐岩构造控制油气藏分布

北加蓬次盆是含盐盆地, 盐岩地层形变造就了丰富多彩的盐岩构造(图 3), 盐岩对盐上层系构造变形影响显著。盐岩活动及其引起沉积建造的构造变形对油气富集产生重要影响<sup>[6-7]</sup>。由于盐岩蠕变, 盐丘附近断裂发育, 这些断裂有些可以作为油气运移的通道, 有利油气成藏。勘探证实, 在许多情况下, 盐边是油气运移的有效通道。当地层与

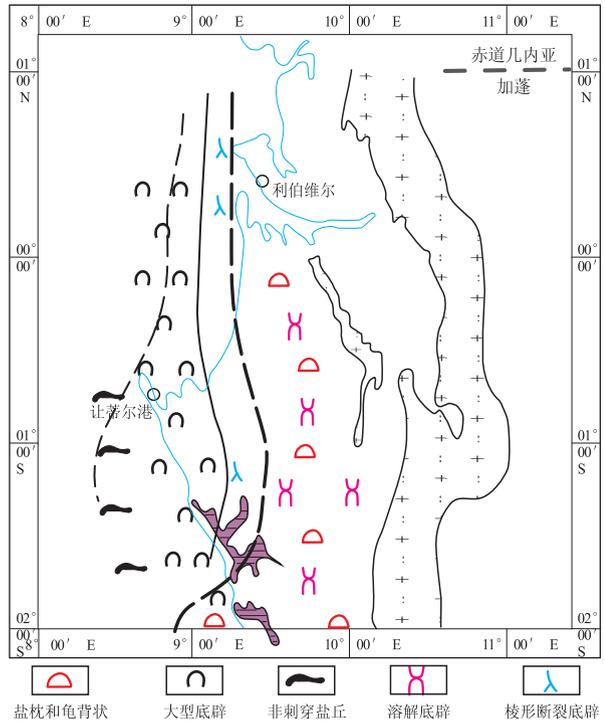


图 3 北加蓬次盆盐岩构造区域分布  
 Fig.3 Salt structure distribution in North Gabon sub-Basin

盐边呈低角度相交时更有利于盐边运移通道的形成。新近纪沉积期出现的盐隆与油气聚集成藏相匹配, 大量油气可通过盐边通道运移至浅层储层成藏。盐岩底劈作用促进了油气圈闭的形成, 为油气聚集提供场所。盆地内几乎所有构造油气藏均与盐岩变形活动有关, 盆地中 72% 的石油天然气储量分布在与盐岩活动相关联的圈闭中<sup>[8-9]</sup>。

晚白垩世是盐岩刺穿作用活跃时期, 盐岩活动对上部地层形成盐上背斜、断背斜等构造, 对油气成藏至关重要。规模较大的油气藏一般为非刺穿盐隆背景下形成的背斜或断背斜油气藏, 如 Anguille Marine、Groncin Marine 油田等。还有一种圈闭类型是与盐岩拱升有关的披覆构造圈闭、盐岩刺穿“龟背”圈闭。目前, 盆地一半以上的石油天然气储量分布于这种类型的圈闭中。其他类型油气藏则规模相对较小。勘探证实, 北加蓬次盆存在 3 个盐岩构造带(图 4)。

#### 2.3.1 西部盐岩刺穿带

该带位于盆地西部, 东界为大型盐丘底劈为特征的中部断裂构造带。该带盐岩活动强烈, 盐岩底劈刺穿至第三系, 盐丘高度可达 3~4 km。在盐岩刺穿作用下, 围绕盐丘发生构造形变, 表现为单斜翘起和褶皱挠曲。这样的盐岩构造, 断裂不发育。

西部盐刺穿带的上白垩统发育较全, 大部分地区仍有第三系保存, 地震剖面上显示出较清晰的第

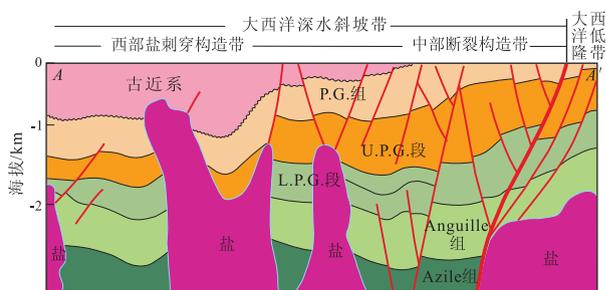


图4 北加蓬次盆盐岩构造带剖面  
剖面位置见图1。

Fig.4 Cross section of salt structure  
in North Gabon sub-Basin

三系侵蚀作用,河道切入深度可达千米。

西部盐岩刺穿带一般发育盐边侧向遮挡型圈闭和盐丘顶部的第三系背斜、断背斜圈闭,这些圈闭是西部油气聚集的重要场所。

### 2.3.2 中部断裂构造带

盆地中部以断裂构造发育为特征,盐岩刺穿作用微弱,一般以非刺穿盐丘活动为特征。断裂发育,断距规模大,最大的可达500 m。断裂控制下的Anguille组浊积砂岩和Point Clairette组砂岩分布稳定,沿断裂下降盘的陡坡为浊积扇砂的分布区。在盐丘附近发育盐丘背斜圈闭、盐边断鼻圈闭、盐边断块圈闭,这些圈闭为油气聚集提供了有利的构造空间。

### 2.3.3 东部低隆带

东部低隆带位于盆地东部,该带断裂作用微弱,受深部盐隆或盆地基底构造的影响,发育北北西向长轴披覆背斜构造。背斜幅度较低,烃源岩贫乏,Anguille组浊积砂岩储层不发育,油气聚集程度较弱。

## 3 盆地勘探潜力评价

北加蓬次盆油气资源丰富,已经发现油气田(藏)157个,可采储量达 $32\,400 \times 10^4$  t (2 268.64 MMbbl),油气藏类型众多<sup>[10]</sup>,以构造油气藏和构造地层复合型油气藏为主。通过盐上成藏控制因素和成藏组合特征的研究,结合盆地烃源岩分布和油气聚集带分布,对北加蓬次盆盐上层系油气成藏组合划分为3个油气聚集带(图1)。

最有利区带位于大西洋深水斜坡带中南部。该区带处于Azile组主力烃源岩分布区,油气源供给条件优越,Anguille组、Point Clairette组浊积砂体储层发育。Azile/Anguille - Anguille - Point Clairette组油气成藏组合是该区带最重要的油气

组合。该带盐岩构造发育,形成若干规模较大的与盐隆有关的盐枕、龟背形构造,是区域有利于油气富集的构造类型。北加蓬次盆已发现的油气田主要分布在该区带,具有较好的勘探潜力。

较有利区带分布于大西洋深水斜坡带西北部地区。该区处于Azile组主力烃源岩分布区,油气源供给条件优越,具备油气成藏的基本地质条件。发育上白垩统Anguille组、Point Clairette组浊积体储层,盐岩构造较发育,具有较大勘探潜力。但浊积砂体储层变化较大,落实浊积砂体储层是该区勘探的关键。

较差的油气区带为大西洋低隆带和内陆浅凹带,它们远离主力烃源岩区,油气供给条件变差,圈闭普遍较小,即便油气有所发现,也难以商业开发。虽然这2个区带盐下层系较大西洋深水斜坡带变浅,但埋藏深度仍在4 000 m以下,岩石成岩后生作用强烈,储层物性变差,在当前条件下勘探风险较大。已发现的油气田规模较小,基本不具备商业开发价值。

### 参考文献:

- [1] Edwards J D, Santogrossi P A. 离散或被动大陆边缘盆地[M]. 梁绍全, 梁红, 译. 北京: 石油工业出版社, 2000.  
Edwards JD, Santogrossi PA. Divergent/Passive margin basins[M]. Liang Shaoquan, Liang Hong, Trans. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000.
- [2] 李国玉, 金之钧. 世界含油气盆地图集[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005.  
Li Guoyu, Jin Zhijun. World atlas of oil and gas basins[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2005.
- [3] 李国玉. 世界石油地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.  
Li Guoyu. World petroleum geology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.
- [4] 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. Hydrocarbon accumulation analysis of G4-188 block in North Gabon Sub-basin of Gabon Coastal Basins[J]. China Petroleum Exploration, 2008(3): 55-59.
- [5] 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 Wendong, Chen Wenxue, Xiong Liping, et al. Pool forming constrains and the hydrocarbon exploration potential of the west Africa coast Basins[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(5): 450-455.
- [6] 刘深艳, 胡孝林, 常迈. 西非加蓬海岸盆地盐岩特征及其石油地质意义[J]. 海洋石油, 2011, 31(3): 1-10.  
Liu Shenyan, Hu Xiaolin, Chang Mai. Characteristics of salt of Gabon coastal basin in West Africa: implications for petroleum exploration[J]. Ocean Petroleum, 2011, 31(3): 1-10.

Huang Yuping, Jiang Zhenglong, Li Jingrui, et al. Analysis of tectonic stress direction of Tarim basin during neotectonic period[J]. *Petro-leum Geology and Recovery Efficiency*, 2013, 20(3): 5-9, 17.

[13] 黄太柱. 塔里木盆地塔中北坡构造解析与油气勘探方向[J]. *石油实验地质*, 2014, 36(3): 257-267.

Huang Taizhu. Structural interpretation and petroleum exploration targets in northern slope of middle Tarim Basin[J]. *Petro-leum Geology & Experiment*, 2014, 36(3): 257-267.

[14] 余一欣, 周心怀, 徐长贵, 等. 渤海辽东湾坳陷走滑断裂差异变形特征[J]. *石油与天然气地质*, 2014, 35(5): 632-638.

Yu Yixin, Zhou Xinhui, Xu Changgui, et al. Differential deformation of strike slip faults in the Liaodongwan Depression, offshore Bohai Bay Basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2014, 35(5): 632-638.

[15] Blike N C, Biddle K T. 沿走向滑动断层的变形和盆地形成[M]//何明喜, 刘池洋. 盆地走滑变形研究与古构造分析. 西安: 西北大学出版社, 1994: 1-35.

Blike N C, Biddle K T. Strike-slip deformation, basin formation, and sedimentation[M]//He Mingxi, Liu Chiyang. The research of basin deformation and the analysis of paleo-tectonic. Xi'an: Northwest University Press, 1994: 1-35.

[16] Brew G, Barazangi M, Al-Maleh A K, et al. Tectonic and geologic evolution of Syria[J]. *GeoArabia*, 2001, 6(4): 573-616.

[17] Kent W N, Hickman R G. Structural development of Jebel Abd Al Aziz, Northeast Syria[J]. *GeoArabia*, 1997, 2(3): 307-330.

[18] Bartlett W L, Friedman M, Logan J M. Experimental folding and faulting of rocks under confining pressure Part IX. Wrench faults in limestone layers[J]. *Tectonophysics*, 1981, 79(3/4): 255-277.

[19] 赵文智, 沈安江, 胡素云, 等. 中国碳酸盐岩储集层大型化发育的地质条件与分布特征[J]. *石油勘探与开发*, 2012, 39(1): 1-12.

Zhao Wenzhi, Shen Anjiang, Hu Suyun, et al. Geological conditions and distributional features of large-scale carbonate reservoirs onshore China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2012, 39(1): 1-12.

[20] 刘宏, 谭秀成, 李凌, 等. 孔隙型碳酸盐岩储集层特征及主控因素: 以川西南嘉陵江组嘉 5 段为例[J]. *石油勘探与开发*, 2011, 38(3): 275-281.

Liu Hong, Tan Xiucheng, Li Ling, et al. Characteristics and main controlling factors of porous carbonate reservoirs: A case from the Jia 5 Member of the Jialingjiang Formation, southwest Sichuan Basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2011, 38(3): 275-281.

[21] 罗春树, 杨海军, 李江海, 等. 塔中奥陶系优质储集层特征及断裂控制作用[J]. *石油勘探与开发*, 2011, 38(6): 716-724.

Luo Chunshu, Yang Haijun, Li Jianghai, et al. Characteristics of high quality Ordovician reservoirs and controlling effects of faults in the Tazhong area, Tarim Basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2011, 38(6): 716-724.

[22] 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 and Development*, 2011, 38(2): 196-202.

(编辑 徐文明)

(上接第 197 页)

[7] 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): 352-356, 362.

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): 352-356, 362.

[8] 童晓光, 关增森. 世界石油勘探开发图集: 非洲地区分册[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.

Tong Xiaoguang, Guan Zengmiao. World atlas of oil and gas exploration and development: Africa part[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002.

[9] 童晓光. 世界石油勘探开发图集[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000.

Tong Xiaoguang. World atlas of oil and gas exploration and development[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000.

[10] 熊利平, 王骏, 殷进垠, 等. 西非构造演化及其对油气成藏的控制作用[J]. *石油与天然气地质*, 2005, 25(6): 641-646.

Xiong Liping, Wang Jun, Yin Jinyin, et al. Tectonic evolution and its control on hydrocarbon accumulation in West Africa[J]. *Oil and Gas Geology*, 2005, 25(6): 641-646.

(编辑 徐文明)