

文章编号: 1001-6112(2008)04-0352-05

西非加蓬盆地沉积特征及油气成藏规律研究

刘延莉^{1,2}, 邱春光³, 熊利平²

(1. 中国石油大学, 北京 102249; 2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 北京 100083;

3. 中海石油有限公司研究中心, 北京 100027)

摘要:通过对加蓬盆地地区构造背景、沉积演化的研究, 综合分析生储盖条件, 认为盆地演化经历了裂谷期、过渡期和漂移期 3 个阶段。各个演化阶段沉积地层 3 分: 盐下层系、盐膏层和盐上层系。主要油气系统为盐下和盐上 2 套: 盐上含油气系统主要分布于北加蓬次盆; 盐下含油气系统分布于南加蓬次盆。搞清了盐下、盐上主要层系的沉积体系分布及其对烃源岩和储层的控制。总结出盐上成藏主控因素为“断崖控储, 盐控圈闭, 构造、圈闭控油”; 盐下成藏主控因素为“相控源、控储, 盐控盖, 构造、圈闭控油”。

关键词:沉积特征; 盐上油气系统; 盐下油气系统; 成藏规律; 加蓬盆地; 西非

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

STUDY OF THE SEDIMENTARY CHARACTERISTICS AND HYDROCARBON ACCUMULATION RULES FOR THE GABON BASIN, WEST AFRICA

Liu Yanli^{1,2}, Qiu Chunguang³, Xiong Liping²

(1. China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China;

3. CNOOC Research Center, Beijing 100027, China)

Abstract: A comprehensive study of the regional tectonic setting, sedimentary evolution and source reservoir cap conditions indicates that the Gabon Basin has experienced 3 evolutionary phases: rifting period, transitional period and drifting period. The sedimentary strata of every evolutionary phase are divided into 3 parts: pre-salt sequence, salt sequence and post-salt sequence. The main petroleum systems are the pre-salt and post-salt sequences. The post-salt petroleum system is distributed on the North Gabon sub-basin and pre-salt one is located in the South Gabon sub-basin. It makes clear the main sedimentary distribution of pre-salt and post-salt sequences and their controlment on source rocks and reservoirs. This paper summarizes the main factors of post-salt reservoirs are “reservoir controlled by fault scarp, traps controlled by salt, oil controlled by tectonic and traps” and the main factors of pre-salt reservoirs are “sources and reservoirs controlled by facies, caps controlled by salt, oil controlled by tectonic and traps”.

Key words: sedimentary characteristics; post-salt petroleum system; pre-salt petroleum system; reservoir-forming rules; the Gabon Basin; West Africa

加蓬盆地位于非洲西海岸, 属非洲西海岸诸多阿普特期盐盆之一, 分布在北纬 1° 和南纬 4° 之间, 包括陆上和近海地区。其东部边界为基底露头, 西部边界到 200 m 等深线, 北部为 Kribi 转换断层, 南部为马永巴高地。盆地主要位于加蓬境内, 只有一小部分在赤道几内亚和喀麦隆境内; 总面积为 128 376 km², 其中海上面积 81 909 km², 陆上面积 46 467 km²。

1 盆地构造格局及构造单元划分

加蓬盆地的形成与南大西洋的裂开和持续扩张作用有关^[1~3], 是南美板块与非洲板块的分离及南大西洋的持续扩张作用形成的大陆裂谷和被动陆缘的叠合盆地。该盆地演化经历了裂谷期、过渡期和漂移期 3 个阶段, 共分为 4 个构造单元(图 1): 内陆次盆、兰巴雷内隆起、北加蓬次盆和南加

收稿日期: 2007-09-31; 修订日期: 2008-05-30。

作者简介: 刘延莉(1980—), 女, 博士, 主要从事石油与天然气地质研究。E-mail: liuyanli@pepris.com。

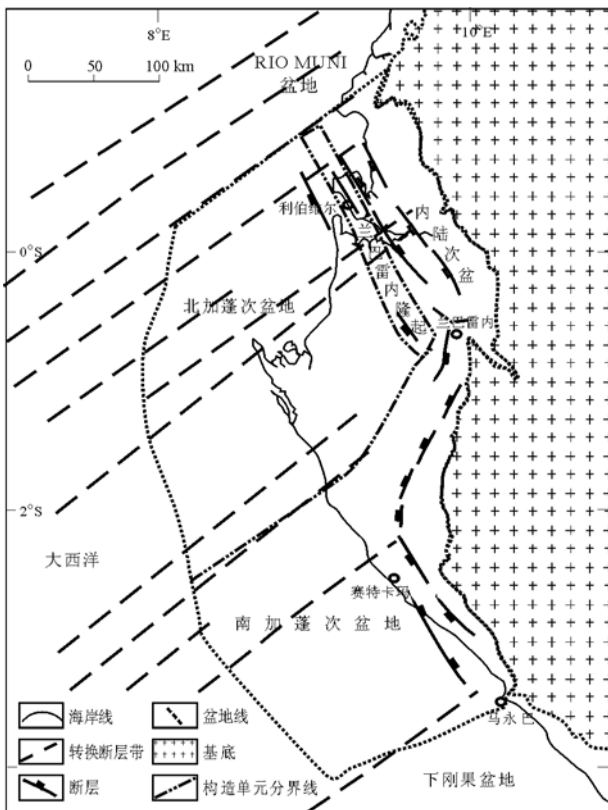


图 1 西非加蓬盆地构造纲要

Fig. 1 Structural outline map of the Gabon Basin

蓬次盆。目前研究工作主要集中在北加蓬次盆和南加蓬次盆,其它单元勘探程度较低。南加蓬次盆和北加蓬次盆之间由北北东向的扭性断层系统分隔开。南加蓬次盆主体位于陆上,以盐下裂谷期沉积为主,断层发育,形成一系列从陆上向海方向的断阶,发育断块、翘倾断块等一系列与断层活动相关的构造;北加蓬次盆主体位于海上,向陆方向,以兰巴雷内隆起与内陆次盆地相隔。

2 地层特征

加蓬盆地具有双重基底结构,即前寒武系结晶基底及前白垩系褶皱基底。石炭系、二叠系、三叠系—侏罗系形成于裂谷前阶段,在内陆次盆地东侧出露地表,沉积环境为河流相和湖泊相,总厚度约 600 m^[4~6]。

盆地沉积盖层主要由白垩系和第三系地层组成(图 2),最大沉积厚度约 15 000 m,其中,白垩系沉积厚度可达 6 000~10 000 m。沉积地层组合具有明显的 3 分性,包括盐下层系、盐膏层和盐上层系。盐下层系属下白垩统沉积地层,厚度 4 500~7 500 m,以陆相碎屑岩为主,包括形成于裂谷阶段的下白垩统底部砂岩组、基辛达组页岩、梅拉尼亚

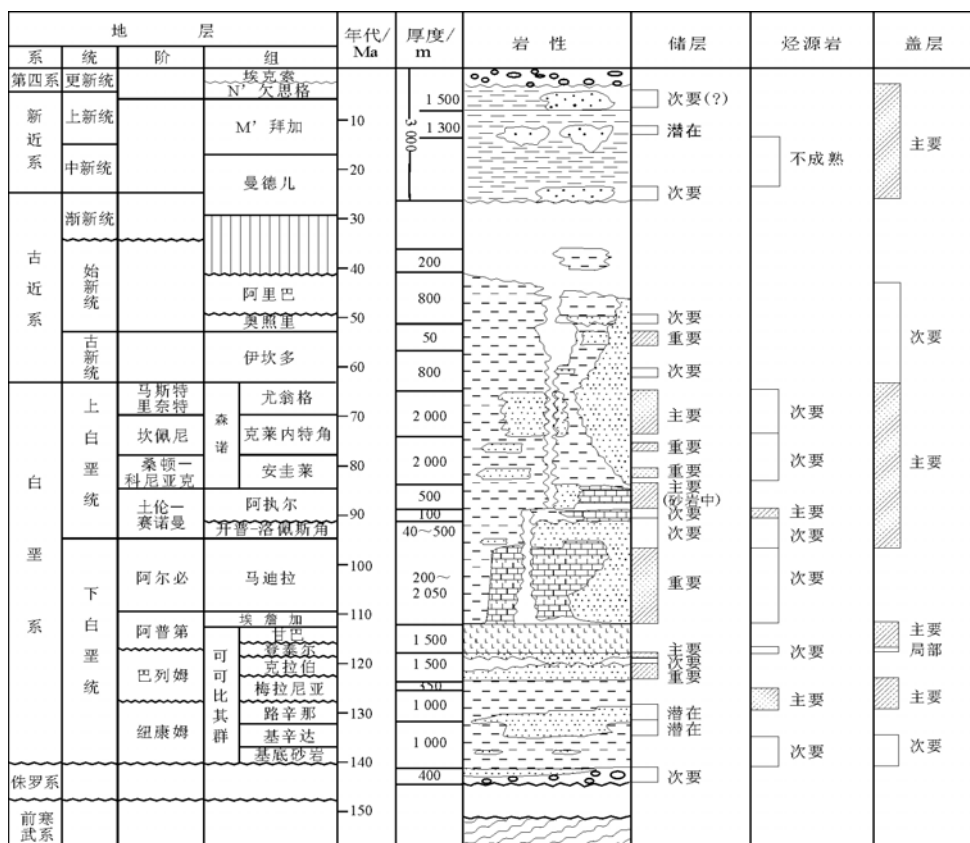


图 2 西非加蓬盆地地层综合柱状图

Fig. 2 Comprehensive stratigraphic column of the Gabon Basin, West Africa

组粉砂岩、页岩和登泰尔组三角洲沉积;盐膏层为早白垩世晚期沉积的阿普第阶埃詹加组膏盐层,厚度一般为200~300 m,沉积相为潟湖复合体,盐层内可划分出多个沉积旋回,是良好区域盖层;盐上层系属早白垩世晚期—第三纪沉积地层,地层厚度5 000~9 000 m,以海相碳酸盐岩为主,包括形成于漂移阶段的马迪拉组—现代沉积。

3 沉积演化

纵向上由海相、陆相叠置的2大沉积旋回组成。盐下层是以陆相为主的沉积旋回;盐上层是以海相为主的沉积旋回。每一沉积旋回都具有水体由退积到进积的沉积组合特征。

不同时期的沉降中心和沉积中心不断迁移,总体表现为由南部向北部,由陆上向海上迁移。早白垩世的主要沉降中心和沉积中心位于南加蓬次盆的中南部,晚白垩世—第四纪的主要沉降、沉积中心位于北加蓬次盆的西部海域。

3.1 下白垩统沉积特征

早白垩世盆地以陆相河道—三角洲、滨浅湖和半深湖—深湖为主。整体为水退旋回,下部发育湖相泥岩,上部发育河流—三角洲砂体。河道—三角洲沉积砂体为后期油藏的储集提供了物质基础,半深湖—深湖泥岩有机质丰富,是主要烃源岩来源。滨浅湖中泥岩受有机质丰度及埋深影响现今未进入生油门限^[7]。

纽康姆阶基辛达组沉积特征:盆地整体以湖相沉积为主,物源在东西两侧,沉积物向中央凹陷带搬运;沉积相由河流相过渡到湖相,湖相泥页岩有机质丰富,现今成为成熟烃源岩(图3A)。

巴列姆阶梅拉尼亚组沉积特征:盆地整体以滨浅湖—深湖沉积为主,物源在东西向。北加蓬次盆东部、中部局部地区受物源及古地形控制,发育河流—三角洲沉积,西部以滨浅湖为主,泥页岩成熟度较低;南加蓬次盆以深湖为主,东部近物源区发育部分河流—三角洲沉积。深湖沉积的泥页岩,现今部分为成熟烃源岩^[7]。

阿普第阶登泰尔组沉积特征:盆地以陆相沉积为主,物源方向为北东—南西向。北加蓬次盆受古地形控制,东部近物源区以河流沉积为主,发育砂岩;中部为冲积扇沉积,发育砾岩、砂砾岩等粗碎屑;盆地西侧为半深湖—深湖沉积。南加蓬次盆沉积格局与北加蓬次盆相似,但是河流—三角洲沉积更为发育(图3B)。

阿普第阶克拉伯组沉积特征:北加蓬次盆继承

登泰尔组沉积格局,距物源近的东部以河流沉积为主,发育砂岩;中部及东部局部地区发育砾岩,为冲积扇沉积;盆地西侧为半深湖—湖相沉积,发育泥页岩。南加蓬次盆南部进入海相沉积,自北东—南西,为河流相—三角洲—海相沉积。

3.2 上白垩统沉积特征

晚白垩世盆地沉积以海相为主,沉积中心在北加蓬次盆,发育台地和深海浊积。大的断崖和沿岸构造带控制浊积体分布。浊积体是北加蓬次盆主要的储层,海相泥岩为油气形成提供了很好的源岩。所以弄清浊积体的展布对于预测北加蓬次盆盐上油气圈闭非常重要。

赛诺曼阶—土伦阶沉积特征:沉积受西部阿执尔组断层控制,断层带以东为海相台地沉积,断层带以西,断崖控制了浊积体分布。现有油气田证实了盆地中部浊积体的分布。

土伦阶—科尼亚克阶沉积特征:浊积体沉积受安圭莱断崖控制,安圭莱断崖较阿执尔组断层带东迁,断崖控制之下中部,南部和北部海上发育浊积体。由于区域水退,物源供应更充沛,安圭莱浊积体发育规模较大^[8](图4A)。

3.3 上白垩统—第三系沉积特征

浊积体受尤翁格坡折和伊坎多坡折控制。坡折带较安圭莱断崖继续东移,坡折控制下发育Batanga,克莱内特角组浊积体。现有的如Pte-Clairette油田、Cap-Lopez油田证实了这部分浊积体的发育(图4B)。

中新统,以陆上河道沉积为主。

4 油气成藏控制因素及分布规律研究

平面上,加蓬盆地油气分布与整个西非地区油气分布具有相似的特征。从南向北含油气层位逐步变新,南加蓬次盆以盐下层位含油气为主;向北至北加蓬次盆,主要含油气层位为盐上。东西方向上从陆向海方向,含油气层位逐步变新,陆上以盐下层位含油气为主,向海方向则以盐上层位含油气为主^[9~11]。

纵向上,盐下属裂谷层系,断层发育,形成一系列与断层活动有关的断块、断背斜等圈闭;盐上属漂移层系,主要受盐的构造活动影响,形成一系列与盐底辟作用有关的盐背斜等构造。因此,盐上与盐下油气藏类型有较大的差别,油气成藏控制因素也不尽相同。

4.1 盐下油气系统的成藏控制因素

可归纳为“相控源、控储,盐控盖,构造、圈闭控油”。

烃源岩:深湖—半深湖环境控制了盐下基辛达组和梅拉尼亚组烃源岩。下白垩统纽康姆阶基辛达组以湖相沉积为主,物源在东西两侧,沉积相由河流相过渡到湖相,湖相泥页岩有机质丰富,现今为成熟烃源岩。梅拉尼亚组以滨浅湖—深湖沉积为主,北加蓬次盆西部以滨浅湖为主,泥页岩成熟度较低;南加蓬次盆以深湖沉积为主,现今已进入生油窗。

储层:河流—三角洲沉积体系控制了以克拉伯组和登泰尔组砂岩为主的储层分布。阿普第阶登泰尔组以陆相沉积为主,物源方向为北东—南西向,东部近物源区以河流沉积为主,发育砂岩,中部为冲积扇沉积。克拉伯组继承登泰尔组沉积格局,北加蓬次盆距物源近的东部以河流沉积为主。中部及东部局部地区发育冲积扇沉积;南加蓬次盆北东部发育河流相—三角洲沉积。这两期沉积的碎屑岩成为盐下最主要的储层。

盖层:区域性分布的埃詹加盐层是盐下层良好的区域盖层,为盐下油气富集提供了良好的条件。

圈闭:以裂谷期形成的与断层相关的断背斜、断块构造为主,发育部分与不整合有关的地层—岩性圈闭,一般构造圈闭规模大,富集程度高。圈闭控制了油气的聚集,成藏模式有“自生自储”和“下生上储”2类。

4.2 盐上油气系统的成藏控制因素

可归纳为“断崖控储,盐控圈闭,构造、圈闭控油”。

烃源岩:以土伦阶阿执尔组和安圭莱组海相页岩为主。

储层:盐上主要储层以安圭莱、克莱内特角和 Batanga 浊积砂岩(即尤翁格砂岩)为主。浊积体的分布受控于台缘断崖和断层带,在断层带、断崖之下的深水区,物源供应大,坡折大,容易形成浊积体。浊积砂岩的孔隙性好,在浊积扇的扇根处砂体厚度巨大,粒度粗,多见砾岩,分选磨圆相对较差,砂体侧向变化快;扇中及扇端,沉积物经过一定距离的搬运,砂体分选磨圆较高,分布范围广,厚度降低。浊积体为储层提供了物质基础。

盖层:与储层同期沉积的海相泥、页岩,成为盐上组合的主要盖层。

圈闭:盐上属漂移层系,埃詹加组盐作用形成的盐构造、盐底辟等,对后期形成盐背斜至关重要。与盐构造有关的盐背斜及浊积体在泥岩封堵形成的岩性圈闭,控制了油气的聚集。

5 结论

1)加蓬盆地包括 4 个构造单元:内陆次盆,兰巴

雷内隆起,北加蓬次盆,南加蓬次盆。盆地演化经历了 3 个阶段,即裂谷阶段、过渡阶段和漂移阶段。

2)盆地发育盐下、盐膏、盐上 3 套层序,形成了盐下、盐上 2 套含油气组合。其中,盐下含油气组合主要发育于南加蓬次盆,圈闭类型以与断层相关的断块、断背斜、断鼻、断垒等构造为主,规模相对较大;盐上含油气组合主要发育于北加蓬次盆,以与盐的构造活动相关的圈闭为主。

3)盆地主要发育有 4 套储层,2 套源岩,2 套盖层。盐下以基辛达组和梅拉尼亚组湖相页岩为源岩,克拉伯砂岩和登泰尔砂岩为主力储层,以阿普第期的盐岩为区域性盖层。盐上以土伦统阿执尔组和安圭莱组海相页岩为主要源岩,以安圭莱、克莱内特角组砂岩和尤翁格砂岩为主要储层,主要盖层为与储层同期的页岩。

4)加蓬盆地盐上、盐下 2 套油气系统的成藏主控因素可以归纳为:盐上“断崖控储,盐控圈闭,构造、圈闭控油”,盐下“相控源、控储,盐控盖,构造、圈闭控油”。

致谢:文章在撰写过程中,参考了 IHS 和 C&C 数据库资料,在此表示感谢!

参考文献:

- 1 Bekkouche D, Echikh K, Ferhati S. Geology and habitat of hydrocarbons in Ghadames Basin (Eastern Algerian Sahara)[J]. *Al Geology Al Araby (Arabian Geologist)*, 1995, 1(1):59~61
- 2 Belhaj F. Paleozoic and Mesozoic stratigraphy of eastern Ghadamis and western Sirt Basins[A]. In: Salem M J, El-Hawat A S, Sbata A M, eds. *Geology of the Sirt Basin*[M]. Amsterdam: Elsevier, 1996. 57~96
- 3 Burwood R, De Witte S M, Mycke B, et al. Petroleum geochemical characterisation of the Lower Congo Basin Bucumazi Formation[A]. In: Katz B J, ed. *Petroleum Source Rocks*[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 235~263
- 4 Edwards A, Bignell R. Hydrocarbon potential of West African saltbasin[J]. *Oil & Gas Journal*, 1988, 86(50):71~74
- 5 Echikh K. Geology and hydrocarbon occurrences in the Ghadames Basin, Algeria, Tunisia, Libya [A]. In: MacGregor D S, Moody R T J, Clark Lowes D D, eds. *Petroleum and Geology of North Africa*[M]. London: Geological Society Special Publications, 1998. 109~129, 132
- 6 Emery K O. Continental margin off western Africa: Angola to Sierra Leone[J]. *AAPG Bulletin*, 1975, 59 (12): 2209~2265
- 7 Kuo L C. Lower Cretaceous lacustrine source rocks in northern Gabon: effect of organic facies and thermal maturity on crude oil quality[J]. *Organic Geochemistry*, 1994, 22 (2):257~273
- 8 Joyes R, Leu W. Deep water exploration opportunities in South Atlantic African Basins[A]. *Petroconsultants*[R]. Global energy information services, 1995. 5~172

(下转第 362 页)

期:一是加里东中晚期沉积埋藏阶段古油藏形成期;二是海西期构造抬升阶段,源于古油藏热裂解成因的湿气成藏期(325~315 Ma)。海西运动晚期—印支期构造抬升,断裂发育,一方面使加里东早期形成的古油藏轻烃组分大量散失,在石英、长石等溶蚀孔隙内及颗粒粒间孔内形成沥青质物质;另一方面相当一部分古油藏已裂解生气,通过断裂向上运移,如果有合适的圈闭存在,应该能发现一定规模的气藏,英南 2 井商业气藏的发现就是这种模式。

鉴于孔雀 1 井气藏形成时间在海西期,这对该地区油气勘探的指导意义在于,除了要加强奥陶系古隆起构造圈闭(塔东 1 井)、侏罗系背斜圈闭(英南 2 井)勘探外,还要加强寻找有利于油气保存、储集相带发育的志留系构造圈闭,如开屏背斜构造带和龙口断背斜构造带。

参考文献:

1 张水昌,赵文智,王飞宇等. 塔里木盆地东部地区古生界原油裂解气成藏历史分析:以英南 2 气藏为例[J]. 天然气地球科学, 2004,15(5):441~451

2 张克银,邵志兵,邹元荣. 塔里木盆地孔雀河地区复式油气系统[J]. 新疆石油地质,2004,25(2):122~124

3 杨 铭,汤达祯,邢卫新等. 塔里木盆地孔雀河古斜坡成藏条件新认识[J]. 石油实验地质,2007,29(3):275~279

4 欧光习,李林强,孙玉梅. 沉积盆地流体包裹体研究的理论与实践[J]. 矿物岩石地球化学通报,2006,25(1):1~11

5 卢焕掌,范宏瑞,倪 培等. 流体包裹体[M]. 北京:科学出版社,2004

6 李荣西,席胜利,邸领军. 鄂尔多斯盆地中部断裂带方解石脉天然气包裹体研究[J]. 石油实验地质,2006,28(5):463~466

7 刘德汉. 包裹体研究:盆地流体追踪的有力工具[J]. 地学前缘,1995,2(3~4):149~154

8 李素梅,庞雄奇,刘可禹等. 一种快速检测油包裹体的新方法[J]. 石油实验地质,2006,28(4):386~390

9 Goldstein R H. Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems[J]. Lithos, 2001, 55: 159~192

10 高玉巧,欧光习,谭守强等. 歧口凹陷西坡白水头构造沙一段下部油气成藏期次研究[J]. 岩石学报,2003,19(2):359~365

11 Van den Kerkhof A M, Hein U F. Fluid inclusion petrography[J]. Lithos,2001,55:27~47

12 周雯雯,张伏兰. 珠三拗陷有机包裹体应用研究[J]. 岩石学报,2000,16(4):677~686

13 李荣西,席胜利,邸领军. 用储层油气包裹体岩相学确定油气成藏期次:鄂尔多斯盆地陇东油田为例[J]. 石油与天然气地质,2006,27(2):194~217

14 郑 冰,承秋泉,高仁祥. 塔里木盆地东北奥陶—志留系沉积成岩作用[J]. 石油勘探与开发,2006,27(1):85~92

15 王飞宇,师玉雷,曾花森等. 利用油包裹体丰度识别古油藏和限定成藏方式[J]. 矿物岩石地球化学通报,2006,25(1):12~18

16 Hall D, Shentwu W, Sterner M, et al. Using fluid inclusions to explore for oil and gas[J]. Hart's Petroleum Engineer International, 1997,(11):29~34

17 Oxdoby N H, Mitchell A W, Gluyas J G. The filling and emptying of the Ula oilfield: fluid inclusion constrains[A]. In: Cubitt J M, England W A, eds. The geochemistry of reservoirs[G]. Geological Society Special Publication, 1995, 86: 141~157

18 张水昌,王招明,王飞宇等. 塔里木盆地塔东 2 油藏形成历史[J]. 石油勘探与开发,2004,31(6):25~31

19 张忠民,周 瑾,邸兴威. 东海盆地西湖凹陷中央背斜带油气运移期次及成藏[J]. 石油实验地质,2006,28(1):30~33

20 宫 色,彭平安,刘东鹰. 江苏地区句容凹陷油气充注史研究[J]. 石油实验地质,2007,29(5):500~505

(编辑 韩 或)



(上接第 356 页)

9 Huc A Y. Petroleum in the South Atlantic[J]. Oil & Gas Science and Technology, 2004,59(3):243~253

10 Robert P, Yapaudjian L. Early Cretaceous rift sediments of the Gabon—Congo Margin: lithology and organic matter; tec-

tonic and paleogeothermal evolution[J]. Journal of African Earth Sciences and the Middle East, 1990,10 (1): 319~330

11 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,2005,26(5):641~646

(编辑 李凤丽)