

西非毛塞几比盆地漂移期盆地边界 精细厘定

刘芳驰, 靳意航, 骆小东, 叶琳*, 江文强, 李博文

长江大学地球科学学院, 湖北 武汉

Email: 957917446@qq.com, *yelin@yangtzeu.edu.cn

收稿日期: 2020年10月2日; 录用日期: 2020年10月16日; 发布日期: 2020年10月23日

摘 要

毛塞几比盆地位于西非北部, 是典型的被动大陆边缘盆地, 也是目前非洲油气勘探重点盆地。该盆地历经50余年勘探, 但仍缺乏对该盆地的深入了解, 盆地边界未能精确厘定。本文研究将目标定位于毛塞几比盆地漂移期, 在明确盆地周缘构造演化过程、基底及盖层展布的前提下, 通过盆地结构和地层反射关系、盆地周边构造、盆地古地理分析以及基底性质四个方面研究对盆地边界进行划分。将盆地的边界划分为沉积控制边界、构造控制边界和岩石圈性质控制边界三种类型。认为盆地东部边界为沉积类型边界, 地层上超于东北部的埃格拉格雷贝特山地盾以及东部毛里塔尼亚褶皱带, 盆地边界受不同时期古地理格架的影响; 盆地南北两侧边界为构造边界, 受盖·布朗斯断裂带, 南部发育受几内亚断裂带控制, 以两条转换断层形成的构造高点为盆地边界; 西侧边界由岩石圈性质所决定, 以大西洋洋壳与洋陆过渡壳分界为盆地边界。

关键词

毛塞几比盆地, 漂移期, 盆地边界

The Definition of Basin Boundaries in the Drift Phase of M.S.G.B. Basin in West Africa

Fangchi Liu, Yihang Jin, Xiaodong Luo, Lin Ye*, Wenqiang Jiang, Bowen Li

School of Geosciences, Yangtze University, Wuhan Hubei

Email: 957917446@qq.com, *yelin@yangtzeu.edu.cn

Received: Oct. 2nd, 2020; accepted: Oct. 16th, 2020; published: Oct. 23rd, 2020

*通讯作者。

文章引用: 刘芳驰, 靳意航, 骆小东, 叶琳, 江文强, 李博文. 西非毛塞几比盆地漂移期盆地边界精细厘定[J]. 地球科学前沿, 2020, 10(10): 927-934. DOI: 10.12677/ag.2020.1010091

Abstract

M.S.G.B. basin is a typical passive continental margin basin and an important area for oil and gas exploration which is located in the north of West Africa. The basin has been explored for more than 50 years, but there is still a lack of in-depth understanding of the basin. There are still disputes on the analysis of basin boundary. This study will target the drift period of the M.S.G.B. Basin, based on the basin structure and stratigraphic reflection relationship, the surrounding structure of the basin, the paleogeographic analysis of the basin, basal properties as well as the structural evolution process of the periphery of the basin, the distribution of basement and caprock. Four aspects of basement properties are considered to divide the boundary of the basin. The boundary of the basin was divided into three types: sedimentary control boundary, tectonic control boundary and lithospheric property control boundary. The eastern boundary of the basin is a sedimentary type boundary. The stratigraphic is over lap on the northeast of the EgraGrebert mountain shield and the Mauritanian fold belt in the east. The sedimentary type boundary of the basin is affected by the paleogeographic framework in different periods. The boundary on both sides of the basin is the tectonic boundary which was controlled by the Cap-Browns fault zone in the north and the Guinea fault zone in the south, with the structural high point formed by two transition faults as the basin boundary; the western boundary is determined by the nature of the lithosphere, and the boundary between the Atlantic oceanic crust and the oceanic continental transitional crust is the boundary of the basin.

Keywords

M.S.G.B. Basin, Drift Period, Basin Boundary

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

被动大陆边缘盆地是目前油气勘探的热点区域, 伴随 CAMP 地幔柱作用[1], 西非北部与北美大陆裂解形成北大西洋, 在西非北部沿岸地区发育了一系列被动大陆边缘盆地[2]。毛塞几比盆地是这一系列盆地群中规模和勘探潜力最大的盆地。近年来随着深水区勘探屡获重大发现, 该盆地已然成为新兴的热门盆地[3] [4]。然而该盆地的勘探程度仍然较低, 盆地边界尚未精确厘定。目前国内外对该盆地边界的研究尚不深入, 所参考的盆地边界主要为 IHS 资料中的盆地边界[5] [6] [7], 该边界划分方案存在海域边界依据不充分, 陆上边界不精细的不足。部分研究集中于盆地局部或某一特定时期, 对全盆和不同时期盆地边界精细划分尚显不足[8] [9] [10]。本文结合地震、区域构造以及相关重磁资料, 以构造地质学、地震地层学、大地构造与岩石圈结构等理论为指导, 采用由背景到局部、由盆内到盆外、由浅层到深层的分析策略, 对盆地边界进行精细厘定, 为后期勘探提供理论支撑。

2. 盆地概况

毛塞几比盆地位于西非中段北部, 为典型的被动大陆边缘盆地。盆地整体呈南北向分布, 自南向北横跨几内亚、几内亚比绍、冈比亚、塞内加尔和毛里塔尼亚五个国家, 纵跨陆地与海洋环境, 总面积 $91.6 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中陆地面积 $31.1 \times 10^4 \text{ km}^2$, 海洋 $60.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图 1) [11]。

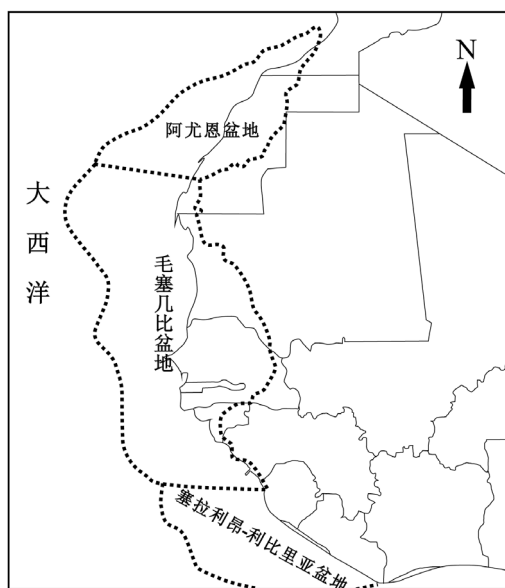


Figure 1. Geological sketch of the M.S.G.B. Basin

图 1. 毛塞几比盆地位置图

该盆地是早二叠世伴随北大西洋裂开而形成的典型被动大陆边缘盆地。也是在局部二叠 - 三叠系裂谷体系上发展起来的中生界 - 新近系盆地。盆地构造演化主要经历了裂陷(晚二叠世 - 早三叠世)、过渡(中三叠世 - 晚侏罗世)和漂移(早白垩世 - 现今)三个阶段, 各期构造层序间均发育有重要的不整合界面。裂陷阶段, 二叠世末期泛大陆开始解体, 盆地发育张性应力条件下的大陆裂谷 - 陆间裂谷。张裂活动导致沿裂谷中央的岩浆活动将北美板块向西北方向推移, 非洲板块与北美板块分开, 古中大西洋开始形成, 该时期盆地以陆相沉积为主。过渡阶段, 该时期北美洲板块和非洲板块完全分离, 裂陷作用减弱, 毛塞几比盆地处于开放式的沉积环境, 海水开始大规模涌入, 形成大范围的碳酸盐岩沉积, 局部伴随着盐岩沉积。漂移阶段, 该阶段具有典型的被动大陆边缘盆地特征。构造运动变弱, 盆地缺乏大型挤压构造作用, 主要发育铲状断层、翘倾断层, 局部可见火成岩侵入以及盐侵入幕。该阶段从早白垩世延续至今, 只有短暂的沉积间断, 沉积岩总厚度从盆地东部边缘处的几米到沉积中心区的 10,000 m 以上。

3. 盆地边界划分方案

盆地漂移期表现为典型的同沉积盆地, 而对于同沉积盆地的边界, 主要依据构造控制边界, 即控盆断裂控制的边界, 和沉积控制边界, 即该时期沉积地层所展布的范围来确定。这一方法在裂陷盆地与挤压挠曲类盆地中运用较为广泛, 通常这两类盆地可通过一条或多条断裂以及部分沉积尖灭来确定盆地边界。对称的裂陷盆地, 确定边界断层即可确定盆地边界, 而对于不对称裂陷盆地和挤压挠曲类盆地则需确定边界断层和缓坡带的沉积边界才能确定盆地边界[12] [13], 对于叠合盆地则需要结合构造演化, 考虑不同时期, 不同类型原型盆地的展布范围[14]。

毛塞几比盆地漂移期边界划分与上述两类盆地有不同之处, 盆地漂移期主要发育盆内断裂, 控盆断裂不发育, 盆地东部无明确的断层控制盆地边界。陆架向海一侧构造相对简单, 沉积十分连续, 构造边界与沉积边界划分方案均不适用, 为边界划分带来一定难度。国内外研究中通过重磁资料分析岩石圈结构的差异, 划分陆壳、洋壳以及洋陆过渡壳, 从而对陆架区域盆地边界进行划分[15] [16]。因此在该盆地边界的划分中除主要考虑盆地结构、地层反射结构、周边构造、古地理格局等构造、沉积因素外, 还需考虑盆地类型及基底性质等与岩石圈类型相关的因素, 最后综合多方面因素对盆地边界进行划分。

4. 盆地边界划分

4.1. 盆地东部边界

盆地东部海岸向陆一侧，由于地震资料限制，只能观测局部盆地地层地震反射结构，内部反射主要以平行、亚平行为主，局部有发散反射结构。区域大剖面则较为清楚的反映，漂移期侏罗纪 - 新近纪地层逐层上超在裂谷期沉积地层之上(图 2)这一盆地结构在盆地东部普遍发育[17]。因此，通过区域剖面的揭示，可以认为漂移期地层沉积范围是控制盆地东部边界的一个重要因素，并且不同时期地层的上超点不同，表明不同时期盆地的边界也在不断变化。但具体盆地东部边界是否确由沉积控制还需要结合区域地质资料进行考证。

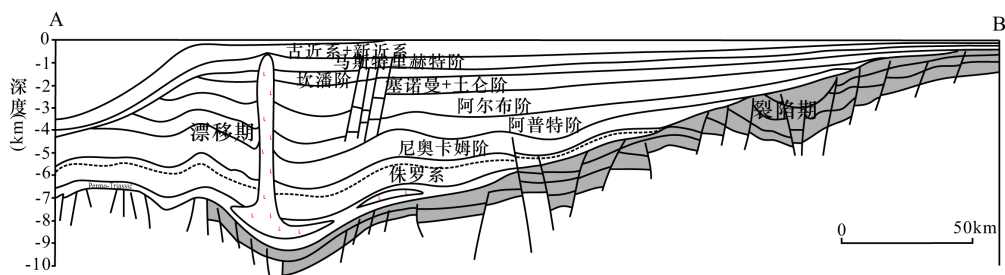


Figure 2. The tectonic and stratigraphic framework section of M.S.G.B. Basin (after IHS database)
图 2. 毛塞几比盆地构造 - 地层格架剖面图(据 IHS 资料修编)

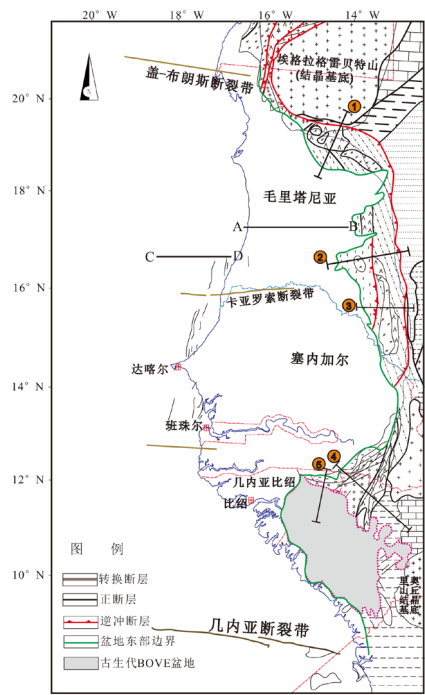


Figure 3. Tectonic map with the eastern boundary of M.S.G.B. Basin. Graphic symbol: 1. Mesozoic-Cenozoic coast deposition; 2. Paleozoic foreland deposition; 3. Youkounkoun Group; 4. Late Neoproterozoic-Devonian shales; 5. Late Neoproterozoic-Devonian deposition in the Mauritania Belt; 6. Late Neoproterozoic-Devonian metamorphite in the Mauritania Belt; 7. Bakoye Group; 8. Calc-alkaline Pan-African granites in the Mauritania Belt; 9. Ultrabasic rocks of the belts; 10. Late Proterozoic cover; 11. West African cratonic basement included in the Mauritania Belt; 12. West African Craton basement

图 3. 毛塞几比盆地构造及东部边界。图例：1、中 - 新生界海岸沉积；2、古生界前陆沉积；3、Youkounkoun 群；4、晚新元古界 - 泥盆系页岩；5、晚新元古界 - 泥盆系毛里塔尼亚褶皱带内沉积；6、晚新元古界 - 泥盆系毛里塔尼亚褶皱带内变质岩；7、Bakoye 群；8、毛里塔尼亚褶皱带内钙碱泛非花岗岩；9、超基性岩带；10、晚元古界盖层、11、毛里塔尼亚褶皱带卷入的西非克拉通基底；12、西非克拉通基底

盆地东北部埃格拉格雷贝特山发育古老地盾,形成时间约为 2700 Ma,远早于盆地漂移期发育时期。地盾西南侧靠近毛塞几比盆地区域卷入毛里塔尼亚褶皱带[18]。剖面图显示,盆地漂移期沉积地层上超于前中生界地层之上(图 3, 图 4(①))。

盆地东部为毛里塔尼亚褶皱带,穿过褶皱带的三条剖面显示,靠近盆地主要发育晚元古界地层卷入褶皱及逆冲构造,发育时期同样早于毛塞几比盆地漂移期,漂移期海岸沉积上超于老地层之上(图 4(②)~(④))。

盆地东南与 Bove 盆地相接(图 4(⑤)),博瓦盆地底部为卷入褶皱的 Akjoujt 群,向上依次为前陆盆地沉积的 Youkounkoun 群、石炭-奥陶系、志留-泥盆系沉积地层,形成时间要早于毛塞几比盆地裂陷期。毛塞几比盆地漂移期海岸沉积也是上超在博瓦盆地北侧毛里塔尼亚褶皱带晚元古界地层之上。

综合对盆地东部构造分析,认为盆地的东部埃格拉格雷贝特山结晶基底、毛里塔尼亚褶皱带以及 Bove 盆地,形成时期均早于毛塞几比盆地漂移期。盆地漂移期地层均上超至前中生代构造之上,因此盆地东部边界属沉积控制边界,边界范围受沉积范围所控制。

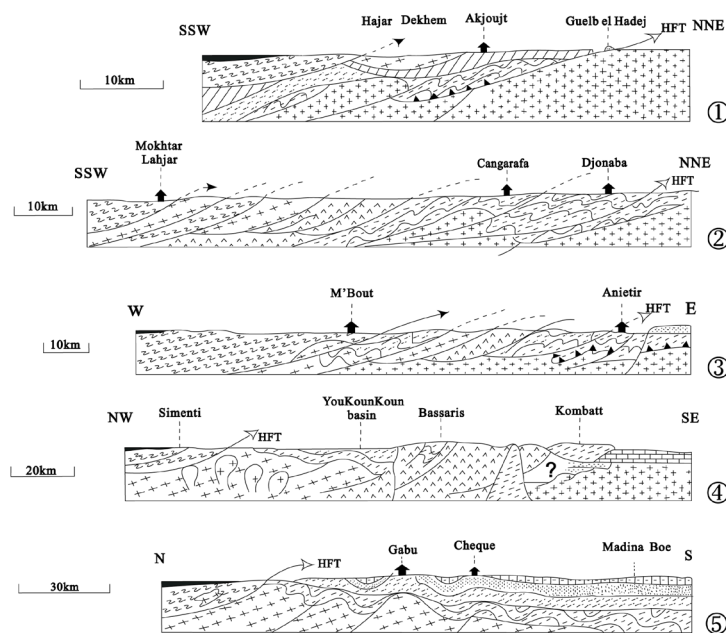


Figure 4. Section across the eastern boundary of the basin (after Michel Villeneuve, 2005)

图 4. 过盆地东部边界剖面(据 Michel Villeneuve, 2005 修编)

4.2. 盆地南北边界

盆地南北两侧边界较为明显,主要为转换断层控制的盆地边界,盆地北部发育盖.布朗斯断裂带,南部发育几内亚断裂带。两条断裂带为转换断层,属于大西洋漂移期的同沉积断层,这两条断裂带形成构造高点将毛塞几比盆地与南部塞拉利昂-利比里亚盆地和北部阿尤恩盆地分隔。因此,盆地南北两端为构造控制的盆地边界。

4.3. 盆地西部边界

盆地西部向洋一侧,地震资料揭示,陆架向大洋一侧,漂移期中-新生代地层地震反射表现为由席状或低角度楔状反射过渡至席状反射的外部反射形态,内部则多表现为平行-亚平行反射特征,地层逐渐向大洋方向延伸较远,主要反映较为均匀的深水沉积(图 5)。沉积是连续的,也缺乏相应的构造对盆地

范围进行限制。考虑到被动大陆边缘盆地边界不可能无限延伸至洋中脊, 因此盆地西部边界受沉积和断裂构造的控制影响都较小。

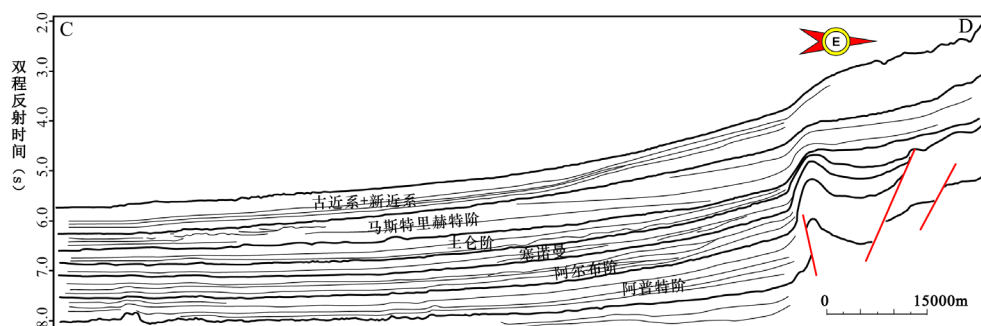


Figure 5. The tectonic and stratigraphic framework section of the western M.S.G.B. Basin

图 5. 毛塞几比盆地西侧盆地构造 - 地层格架

在构造与沉积控制边界均不明显的情况下, 考虑通过盆地类型及其对应的基底性质对盆地边界进行划分。毛塞几比盆地是典型的被动大陆边缘盆地, 经历了裂谷产生到大陆裂解这一系列构造演化阶段, 目前的被动大陆边缘盆地叠合在早期的裂谷盆地之上, 向大洋方向延伸则演变为大洋盆地, 盆地基底由东至西具有陆壳 - 洋陆过渡壳 - 洋壳的变化。被动大陆边缘盆地与大洋盆地的最大区别在于, 大洋盆地基底为洋壳, 而被动大陆边缘盆地基底为洋陆过渡壳 - 陆壳, 因此洋陆过渡壳与洋壳的边界应为被动大陆边缘盆地与大洋盆地的边界。可通过重磁资料确定结合洋壳展布范围相结合确定盆地西部边界。

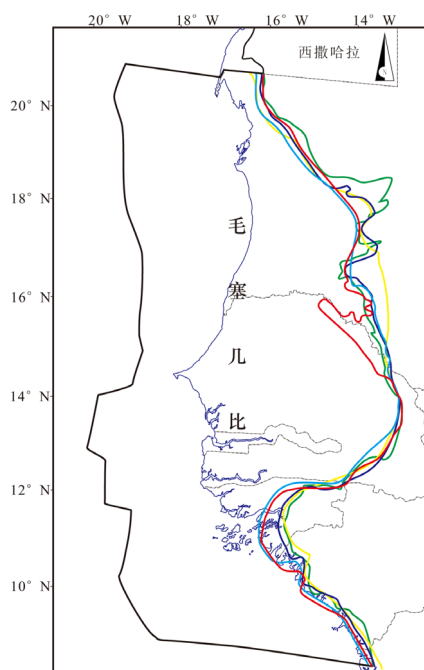


Figure 6. The map of basin boundaries location in M.S.G.B. Basin. Green line: the eastern boundary of Aptian and Albian; Yellow line: the eastern boundary of Cenomanian-Turonian; Dark blue line: the eastern boundary of Senonian and Maastriichtian; Cambridge blue line: the eastern boundary of Paleogene; the dotted line represents coastline; Red line: the eastern boundary of Neogene; Black line: the southern, northern and western boundaries

图 6. 毛塞几比盆地边界。绿色线: 阿普特 - 阿尔布东部沉积边界; 黄色线: 塞诺曼 - 土伦东部沉积边界; 深蓝线: 森诺 - 马斯特里赫特东部沉积边界; 浅蓝线: 古近系东部沉积边界, 虚线为海岸线; 红色线: 新近系东部沉积边界; 黑实线: 盆地南北及西部边界

4.4. 盆地边界演变

同沉积盆地的发育过程中盆地的范围和边界也在不断变化,毛塞几比盆地也是如此。结合此前对盆地边界的分析,毛塞几比盆地南北边界受两条转换断层控制,转换断层与盆地的位置相对固定,盆地南北两侧边界较为稳定。盆地西部,由于新生洋壳只发育于大西洋洋中脊位置,虽板块不断漂移,但洋壳与洋陆过渡壳分界相对与盆地位置不变,因此盆地西部边界也相对固定。盆地东部边界主要受沉积控制,不同时期沉积范围变化也造成盆地边界的变化。通过岩相古地理分析,确定中-新生代盆地不同时期的沉积边界,也就相应确定了盆地不同时期的东部边界。研究中结合 IHS 相关资料,确定盆地阿普特-阿尔布阶、塞诺曼-土伦阶、森诺统(康尼亚克阶、圣通阶、坎潘阶)-马斯特里赫特阶、古近系及新近系时期的古地理资料,编绘不同时期盆地的东部边界。

综合以上对盆地边界的研究,最终编制毛塞几比盆地漂移期 5 个时期盆地边界范围(图 6)。

5. 结论

- 1) 将毛塞几比盆地边界类型划分为构造控制边界、沉积控制边界和岩石圈性质控制边界三种类型。
- 2) 毛塞几比盆地漂移期东部边界为沉积控制边界,南北两侧为转换断层控制的构造边界,西部向海一侧以洋壳和洋陆过渡壳为盆地边界。
- 3) 盆地漂移期南北及西部边界相对稳定,盆地东部边界受沉积展布控制,在不同时期有所变化。

基金项目

“十三五”国家科技重大专项(2017ZX05032-002-001)。

参考文献

- [1] Burke, K., et al. (2003) Africa's Petroleum System: Four Tectonic "Aces" in the Past 600 Million Years. *Geology Society, London, Special Publications*, **207**, 21-60. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2003.207.3>
- [2] 邓荣敬, 邓运华, 于水, 等. 西非海岸盆地群油气勘探成果及勘探潜力分析[J]. 海洋石油, 2008(3): 11-19.
- [3] 陈亮, 赵红岩, 韩文明, 等. 毛塞几比盆地外陆架-陆坡区阿尔比阶-土伦阶沉积特征及成藏体系[J]. 地质科技通报, 2020, 39(4): 132-140.
- [4] 刘延莉. 塞内加尔盆地油气地质特征及勘探潜力[J]. 地质与资源, 2014, 23(2): 197-201, 196.
- [5] Uchupi, E., Emery, K.O., Bowin, C.O., et al. (1976) Continental Margin Off Western Africa: Senegal to Portugal. *AAPG Bulletin*, **60**, 809-878. <https://doi.org/10.1306/C1EA35BE-16C9-11D7-8645000102C1865D>
- [6] 熊立平, 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.
- [7] 王宏语, 张峰, 蔡雨薇. 塞内加尔盆地北部次盆被动大陆边缘沉积演化特征与控制因素[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2020, 40(4): 67-77.
- [8] Famara, D., Papa, M.N., Mahamadane, D., et al. (2017) The Structural Evolution of the Dialé-Daléma Basin, Kédougou-Kéniéba Inlier, Eastern Senegal. *Journal of African Earth Sciences*, **129**, 923-933. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.02.033>
- [9] Deynoux, M., Düringer, P., Khatib, R. and Villeneuve, M. (1993) Laterally and Vertically Accreted Tidal Deposits in the Upper Proterozoic Madina-Kouta Basin, Southeastern Senegal, West Africa. *Sedimentary Geology*, **84**, 179-188. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(93\)90054-9](https://doi.org/10.1016/0037-0738(93)90054-9)
- [10] 王大鹏, 殷进垠, 田纳新, 等. 塞内加尔盆地成藏组合划分与资源潜力评价[J]. 现代地质, 2017, 31(6): 1201-1213.
- [11] 孔令武, 赵红岩, 韩文明, 等. 西非毛塞几比盆地油气成藏差异性分析[J]. 海洋地质前沿, 2019, 35(5): 66-72.
- [12] 谢青, 杨兴科. 六盘山盆地西南缘边界断裂带特征研究[J]. 地质论评, 2016, 62(z1): 353-354.
- [13] 宋立勋. 敦煌盆地归属及塔里木地台南边界的初步划分[J]. 新疆石油地质, 1988, 9(2): 5-8.
- [14] 宋传春. 准噶尔盆地复合边界结构综合解释[J]. 新疆石油地质, 2012, 33(2): 145-148.

- [15] 姚刚, 董向欣, 李丽丽, 等. 东海陆架盆地构造划分的高精度重磁解释技术[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2018(2): 517-524.
- [16] 孙中宇, 刘展, 杨博, 等. 海阳凹陷东、西边界以及胶莱盆地东部边界讨论[J]. 地球物理学进展, 2018, 33(5): 2166-2171.
- [17] Ndiaye, M., Ngom, P.M., Gorin, G., *et al.* (2016) A New Interpretation of the Deep-Part of Senegal-Mauritanian Basin in the Diourbel-Thies Area by Integrating Seismic, Magnetic, Gravimetric and Borehole Data: Implication for Petroleum Exploration. *Journal of African Earth Sciences*, **121**, 330-341. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.06.002>
- [18] Villeneuve, M. (2005) Paleozoic Basins in West Africa and the Mauritanide Thrust Belt. *Journal of African Earth Sciences*, **43**, 166-195. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2005.07.012>