

沙捞越盆地东部构造的差异性 及其对沉积的控制作用

马良涛^{1,2}, 范廷恩¹, 钟 雨³

(1 中海油研究总院, 北京 100028; 2 中国地质大学(北京)博士后流动站, 北京 100083;

3 青海油田采油厂七个泉采油作业区, 青海 816400)

摘 要:从沙捞越盆地形成构造演化入手, 分析了造成盆地东部北卢卡尼亚、中卢卡尼亚和巴林基安 3 个次盆构造差异性的原因, 讨论了这种构造的差异性对盆地内沉积的控制作用。认为: 婆罗洲逆时针旋转影响下卢卡尼亚陆块向婆罗洲的俯冲碰撞是导致盆地东部各次盆构造差异性的主要原因; 受古地貌的影响, 中中新世—晚中新世, 中卢卡尼亚次盆以发育碳酸盐岩沉积为特征, 而北卢卡尼亚和巴林基安 2 个次盆则主要为海相碎屑岩沉积; 中中新世, 中卢卡尼亚次盆稳定构造背景为盆地内碳酸盐岩建隆的生长创造了有利条件; 中卢卡尼亚次盆内发育的早期断层控制了碳酸盐岩建隆的类型及其分布。

关键词:碳酸盐岩建隆; 控制作用; 构造差异性; 沙捞越盆地; 婆罗洲

中图分类号: P736

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2015.09002

沙捞越盆地为曾母盆地位于马来西亚沙捞越海域的部分, 处于婆罗洲北部陆缘, 呈 NEE 向展布, 向海方向延伸约 300 km, 总面积为 $220 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。盆地北部以南中国海为界, 东部以 West Baram Line 为界, 南部边界为变形的古近纪沉积地层及波罗州(今加里曼丹岛)基底岩层, 其构造区分见图 1。

根据构造特征的不同, 沙捞越盆地划分为西南沙捞越、巴林基安(Balingian)、中卢卡尼亚(Center Luconia)、Tinjar、Tatau、西卢卡尼亚(West Luconia)、北卢卡尼亚(North Luconia) 7 个次级盆地。其中, Tatau 次盆为 Tatau-Mersing Line 与 West Balingian Line 相夹而成的三角形区域, 前者将 Tatau 次盆与西南沙捞越次盆分开,

后者为北卢卡尼亚和巴林基安次盆的西部边界; Anau-Nyalau 断层将巴林基安次盆与 Tinjar 次盆分开, 并与 Bukit Mersing Line 和 West Baram Line 一起围成 Tinjar 次盆。位于沙捞越盆地西部的 West Baram Line 为一走滑断裂, 为该盆地与文莱—沙巴的分界线; 盆地北部的拉让斜坡和卢卡尼亚斜坡分别将西卢卡尼亚与北卢卡尼亚、中卢卡尼亚与北卢卡尼亚次盆分开(图 1)^[1]。

盆地以上白垩统一上始新统拉让组为基底, 上覆地层除盆地东北区域为海相页岩和石灰岩外, 主要为含煤硅质碎屑岩, 可将上覆的渐新世至今的沉积地层划分为 8 个海进—海退沉积旋回。上覆地层厚度 > 10 km, 最大达 12 km。向外延伸到大陆架, 上中新统以上地层减薄或缺失。盆地沉积物源主要来自南部抬升的拉让褶皱—逆冲带(Rajang Fold-Thrust Belt)^[1,2]。

中—晚中新世期间, 盆地内除中卢卡尼亚次盆以碳酸盐岩沉积为主外, 其余各次盆均以碎屑沉积为主, 笔者以北卢卡尼亚、中卢卡尼亚和巴林

收稿日期: 2015-01-07

基金项目: 国家重大专项(2008ZX05030-001-04)

作者简介: 马良涛(1984—), 男, 在站博士后, 主要从事层序、沉积及石油地质综合研究方面的工作。E-mail: maliangtao123@163.com

基安为研究重点,剖析了 3 个次盆构造特征的差异性及其成因,认为构造的差异性是导致研究区各区域发育不同沉积的主要原因。

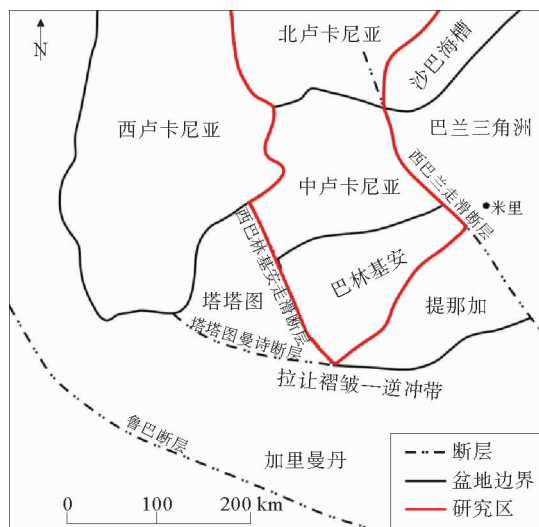


图 1 沙捞越盆地构造分区(据文献[1]修改)
Fig. 1 Tectonic classification of Sarawak Basin
(modified from reference [1])

1 构造特征的差异性

1.1 构造特征的差异

根据不同的构造特征将研究区划分为北卢卡尼亚、中卢卡尼亚和巴林基安 3 个次盆。其中,北卢卡尼亚次盆始新世以来一直处于拉张的构造背景,盆地内发育 NE—SW 向和近南北向的生长断层及其所控制的生长背斜(图 2、3);始新世—早中新世,中卢卡尼亚和巴林基安与北卢卡尼亚次盆一样处于拉张的构造背景,盆地内以发育正断层为特征。然而,早中新世以后,二者的构造背景发生了明显的变化,中卢卡尼亚次盆处于构造稳定背景,内部断层不发育,而巴林基安次盆则处于挤压构造背景,主要发育 NE—SW 向、NE—SW 向和近东西向的反转背斜及其相应的向斜构造(图 3、4)^[3,4]。

不同的构造背景形成各次盆内不同的构造特征,进而也引起了各次盆内发育的沉积物的差异:在早中新世以前,受拉张背景控制的 3 个次盆以发育海相碎屑岩沉积为主;在中中新世—晚中新

世,处于拉张背景的北卢卡尼亚次盆和处于挤压构造背景的巴林基安次盆仍然以海相碎屑岩沉积为主,而处于构造稳定背景的中卢卡尼亚次盆则以发育碳酸盐岩沉积为特征。



图 2 中卢卡尼亚构造背景(中中新世—晚中新世)
(据文献[3,4]修改)

Fig. 2 Schematic tectonic setting for Central Luconia Basin during middle-late Miocene
(modified from references [3,4])

1.2 差异性的成因

沙捞越盆地的形成经历了晚白垩世—晚始新世的俯冲增生期、渐新世—中新世的前陆盆地期以及晚中新世至今的被动边缘期 3 个阶段^[8-18]。

在晚白垩世—晚始新世,受印—澳板块、太平洋板块分别向北和北西漂移,并受与欧亚板块不断俯冲挤压碰撞的影响,拉让海洋壳不断向南俯冲进入到波罗州北部边缘之下,在俯冲边缘形成一系列火山岛弧,并使卢卡尼亚陆块向东南方向移动。该时期,整个盆地处于拉张的构造背景,从而为盆地内正断层的发育创造了条件。

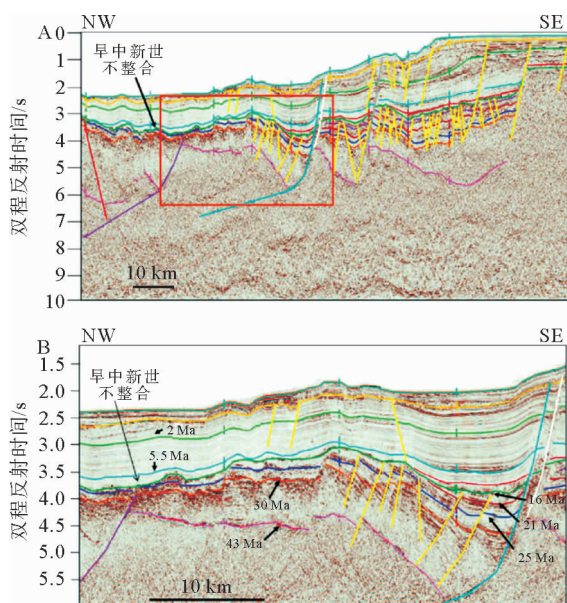
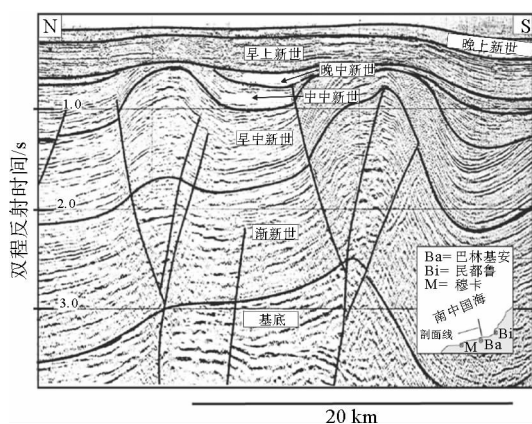


图 3 北卢卡尼亚地层和构造特征(穿过沙捞越边缘的区域性地震剖面(Line 1)): (A)以早中新世不整合为界线,盆地划分为早期的同裂谷和晚期的裂谷后 2 个超层序; (B) A 图中局部放大图,显示了盆地内早期发育的生长断层及滚动背斜特征(Early Miocene Unconformity:早中新世不整合)(据文献[5])

Fig. 3 Regional seismic profiles. Line1, across the North Luconias, showing the features of stratigraphy and structure: (A) Interpreted section showing the two megasequences, synrift and postrift; (B) Close-look of boxed area in Fig. 3 A, showing the early synthetic faults and rollover anticline (from reference [5])

在始新世末,拉让洋壳完全俯冲到婆罗洲之下,拉让海关闭。受婆罗洲逆时针旋转的影响,卢卡尼亚块体与西婆罗洲基底发生碰撞,并俯冲于西婆罗洲基底之下,迫使西婆罗洲的拉让群进一步抬升、变形形成拉让褶皱—逆冲带。该褶皱—逆冲带向西北方向仰冲到北部陆块之上,使得北部陆块在此构造负荷作用下发生挠曲沉降,形成沙捞越周缘前陆盆地。随着盆地周边主控走滑断裂的极性反转,在中新世旋扭应力场的控制作用下,使得巴林基安区域处于挤压构造背景,形成一系列的褶皱构造,北卢卡尼亚区域处于拉张背景,形成一系列的正断层,而此时中卢卡尼亚地区并未受到南部挤压作用和北部拉张作用的影响,处于稳定构造背景。

在中新世以后,块体的俯冲碰撞结束,受南海



Basement: 基底; Oligocene: 渐新世; Lower Miocene: 早中新世; Lower-Mid Miocene: 早中新世晚期到中中新世; Upper Miocene: 晚中新世; Lower Pliocene: 早上新世; Upper Pliocene: 晚上新世; Balingian: 巴林基安; Bintulu: 民都鲁; Mukah: 穆卡河

图 4 中卢卡尼亚南部靠近巴林基安的地震剖面图(Line 2),显示了与中中新世不整合相关的挤压侵蚀背斜(据文献[6,7])

Fig. 4 Seismic section in the south of Central Luconia, showing the tightly compressed anticlines as a product of the Mid-Miocene Unconformity (from references [6,7])

扩张后热沉降的影响,盆地中北部大幅度沉降,盆地向北倾斜,至第四纪之后,盆地进入平稳沉降阶段,盆地处于被动大陆边缘背景,沙捞越周缘前陆盆地向被动陆缘型盆地转化,并最终定型形成现今盆地(图 5)。

2 构造对沉积的控制作用

2.1 构造差异性对沉积的控制

白垩纪末期,受古太平洋板块和古澳大利亚板块分别向西、向北俯冲作用的影响,古南海于古新世开始裂陷,并于始新世达到裂陷高峰。古新世以来,在印度板块与欧亚板块的碰撞作用以及东南方向太平洋板块俯冲引起的地幔柱底辟作用影响下,南沙地块与华南地块分离形成了新南海。新南海的不断扩张促使古南海洋壳沿西南方向不断向婆罗洲地块之下俯冲消减,受此影响,渐新世—早中新世期间,整个研究区在处于拉张背景,以发育正断层为特征,研究区内形成的 3 个次盆成为周缘沉积物的汇聚中心,该时期的沉积物以

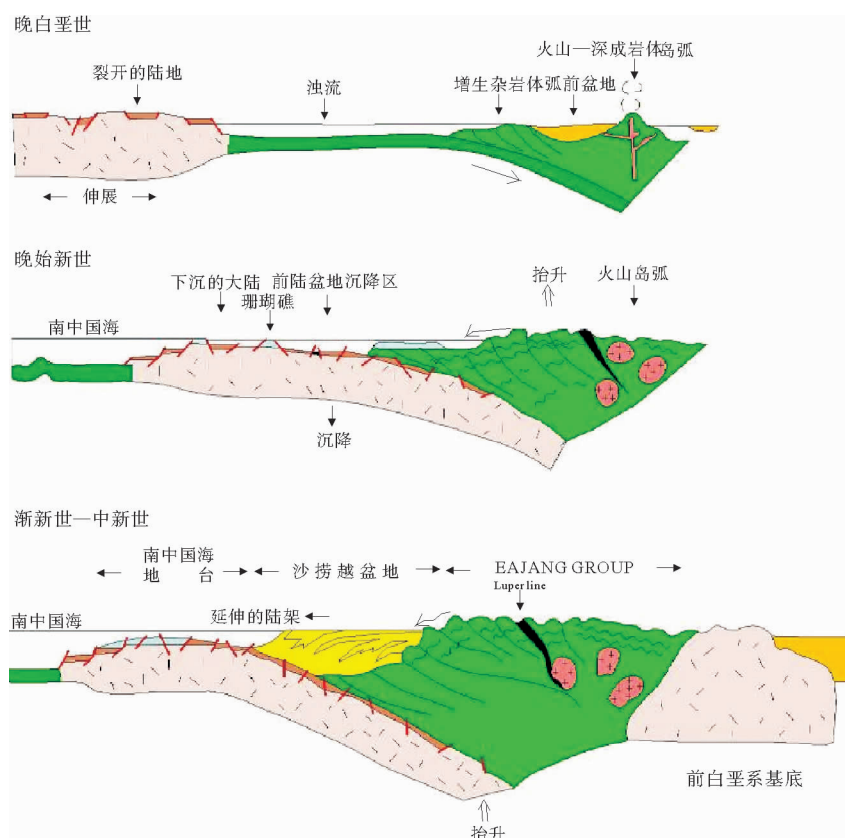


图 5 沙撈越盆地构造演化阶段:俯冲增生期、前陆盆地期、被动边缘期(据文献[1])

Fig. 5 Tectonic evolution of the Sarawak Basin. It can be divided into the three stage: subduction-accretion phase; foreland basin phase; passive margin phase (from reference [1])

海相碎屑岩沉积为主,在局部高地发育碳酸盐岩沉积。

在中中新世以后,受古南海壳向南的俯冲消减及婆罗洲逆时针旋转的影响,北部北卢卡尼亚次盆仍然处于拉张构造背景,发育 NE—SW 向正断层,沉积物以海相碎屑岩沉积为主;南部巴林基安次盆受卢卡尼亚陆块向南移动与婆罗洲碰撞的影响而处于挤压构造背景,以发育 NW—SE 向褶皱为特征,在挠曲效应的作用下,巴林基安地区下降幅度急剧加大,形成浅海—半深海环境,来自拉让褶皱逆冲带的物质直接进入巴林基安地区沉积下来,形成海相碎屑岩沉积。与北部和南部次盆所不同的是中卢卡尼亚次盆受北部拉张作用和南部挤压作用的影响较小,盆地位于稳定的地台之上,整体处于相对稳定的构造背景(图 6),来自周缘的碎屑物质未进入盆地内,从而为盆地内碳酸盐岩的沉积创造了有利条件(图 7)。



图 6 研究区构造地貌(据文献[4])

Fig. 6 Tectonic physiognomy for the study area (from reference [4])

2.2 早期断层控制建隆类型及其分布

渐新世—早中新世,受伸展和走滑作用的影响,中卢卡尼亚盆地内形成了一系列 NE—SW 向的地堑、地垒。早中新世以后,在早期地堑—地垒构成的古地形高地上及其周围发育塔型和台地型 2 种碳酸盐岩建隆(图 8、9)。前者规模较小,为幅

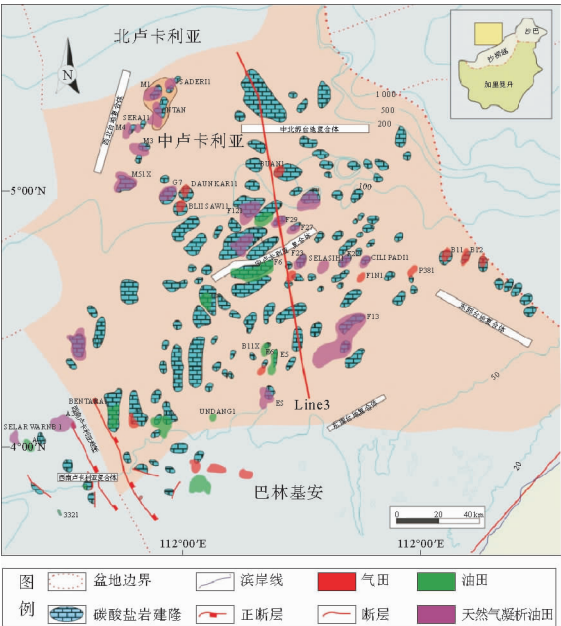


图 7 中卢卡尼亚盆地位置及碳酸盐岩分布
(据文献[3,6])

Fig. 7 The location of Central Luconia Basin and distribution of carbonates (from references [3,6])

度较高的正地形,外形呈锥形或丘形,位于盆地内或区域地形高地边缘沉降幅度较大的地方,以陡峭倾斜的翼部为特征。其顶部在地震剖面上表现为强振幅,底界为弱振幅,不易识别。其翼部由于坡度较大及内部与碎屑沉积互层的异地碳酸盐岩角砾层的存在而变得复杂(图 9A);后者规模较前者大,为大型、狭长、顶平的碳酸盐岩建隆,位于盆

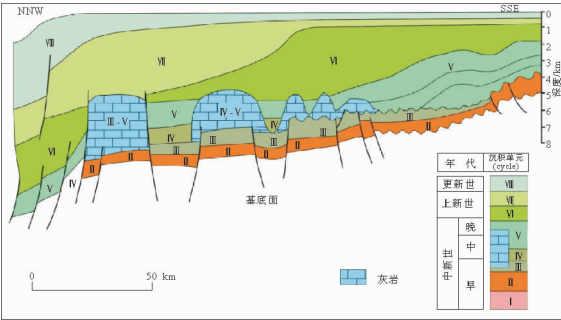


图 8 中卢卡尼亚盆地 NNW—SSE 地质剖面(据文献[19])

Fig. 8 Schematic NNW—SSE cross-section through the Central Luconia Basin (from reference [19])

地内由断层控制的地形高地上,其顶部在地震剖面上表现为强振幅连续反射,内部为弱振幅平行反射(图 9B),该类碳酸盐岩建隆以不对称倾斜的两翼为特征(迎风面较背风面陡),这主要是由于断块旋转的原因所引起的(图 10)^[19-24]。

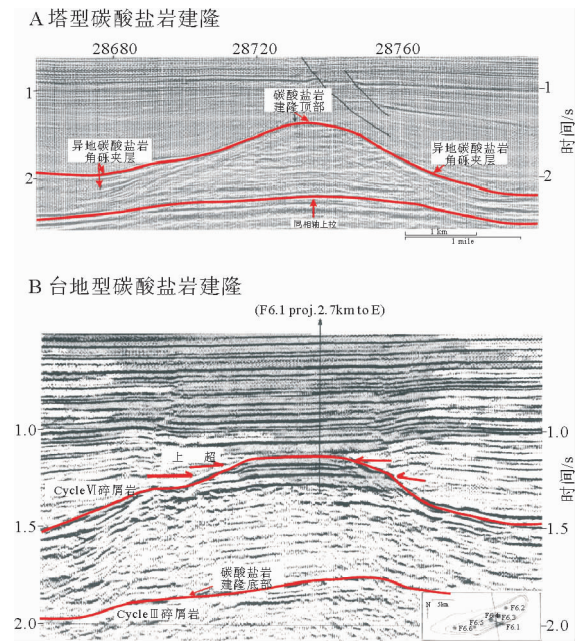


图 9 中卢卡尼亚盆地内碳酸盐岩建隆类型(据文献[19])

Fig. 9 Types of carbonate buildups in Luconia Basin(from reference [19])

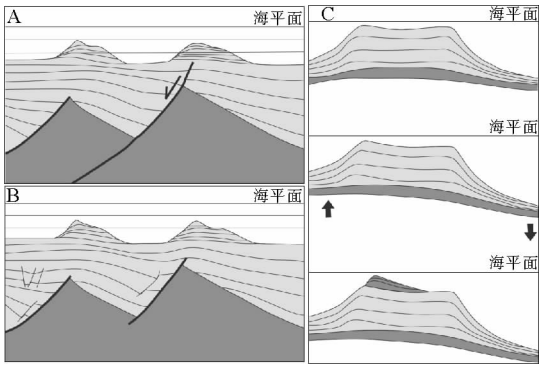


图 10 断块的旋转导致碳酸盐岩建隆的不对称性(据文献[24])

Fig. 10 The rotated fault blocks leading to a strong asymmetry of carbonate building-ups (from reference [24])

3 结论

(1) 沙撈越盆地的形成经历了晚白垩世—晚始新世的俯冲增生期、渐新世—中新世的前陆盆地期以及晚中新世至今的被动边缘期 3 个阶段；

(2) 在前陆盆地期, 受婆罗洲逆时针旋转的影响, 卢卡尼亚陆块向婆罗洲的俯冲使得北卢卡尼亚、中卢卡尼亚和巴林基安 3 个次盆分别处于构造拉张、构造稳定和构造挤压背景下, 形成了各次盆构造上的差异；

(3) 古地貌控制了中中新世—晚中新世各次盆内沉积物的类型；

(4) 中卢卡尼亚次盆稳定构造的背景有利于次盆内碳酸盐岩建隆的发育, 且次盆内发育的早期断层控制了碳酸盐岩建隆的类型及其分布。

参考文献:

- [1] Madon M B. The Petroleum Geology and Resources of Malaysia [M]. Kuala Lumpur: Petroliaam Nasional Berhad (Petrinas), 1999: 274-290.
- [2] 童晓光, 关增森. 世界石油勘探开发图集亚洲太平洋地区分册[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [3] Mohammad Y B, Abolins P. The Petroleum Geology and Resources of Malaysia [M]. Kuala Lumpur: Petroliaam Nasional Berhad (Petrinas), 1999: 370-392.
- [4] Kosa E. Sea-level changes, shoreline journeys, and the seismic stratigraphy of Central Luconia, Miocene-present, offshore Sarawak, NW Borneo [J]. Marine and Petroleum Geology, 2015, 59(1): 35-55.
- [5] Madon M, Kim C L, Wong R. The structure and stratigraphy of deepwater Sarawak, Malaysia: Implications for tectonic evolution [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2013, 76(4): 312-333.
- [6] Hutchison C S, Vijayan V R. What are the Spratly Islands? [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2010, 39(5): 371-385.
- [7] Mat-Zin I C, Tucker M E. An alternative stratigraphic scheme for the Sarawak Basin [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 1999, 17(3): 215-232.
- [8] 朱伟林, 米里军, 张厚和. 中国海域含油气盆地 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2010: 159-174.
- [9] 朱伟林, 胡平, 江文荣. 南亚—东南亚含油气盆地 [M]. 北京: 科学出版社, 2012: 9-120.
- [10] 姚伯初. 东南亚地质构造特征和南海地区新生代构造发展史 [J]. 南海地质研究, 2000, 9(11): 1-13.
- [11] 姚伯初, 万玲, 吴能友. 大南海地区新生代板块构造活动 [J]. 中国地质, 2004, 31(2): 113-122.
- [12] Mat-Zin I, Swarbrick R E. 马来西亚东部沙撈越盆地构造演化及相关沉积史: 未来油气勘探指南 [J]. 海洋地质, 2011, 21(2): 16-23.
- [13] 解习农, 张成, 任建业, 等. 南海南北大陆边缘盆地构造演化差异性对油气成藏条件控制 [J]. 地球物理学报, 2011, 54(12): 3 280-3 291.
- [14] 曹洁冰. 曾母盆地晚新生代构造演化 [D]. 上海: 同济大学, 2004.
- [15] 赵财胜, 孙丰月, 李碧乐, 等. 马来西亚沙撈越 Punda 走滑构造及其动力学成因 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2003, 33(4): 419-423.
- [16] Wilson M E J. Cenozoic carbonates in Southeast Asia: implications for equatorial carbonate development [J]. Sedimentary Geology, 2002, 147(3/4): 295-428.
- [17] Vahrenkamp V C, David F, Duijndam P. Growth architecture, faulting, and karstification of a middle Miocene carbonate platform, Luconia Province, offshore Sarawak, Malaysia [J]. Seismic imaging of carbonate reservoirs and systems: AAPG Memoir, 2004, 81(3): 329-350.
- [18] Ismail C M Z. Tectonics evolution and sedimentation history of the Sarawak basin [J]. Geol. Soc. Malaysia, Bulletin, December, 1997, 41(1): 41-52.
- [19] Epting M. Miocene carbonate buildups of central Luconia, offshore Sarawak [J]. Atlas of Seismic Stratigraphy AAPG Stud Geol Ser, 1989, 3(27): 168-173.
- [20] Zampetti V, Schlager W, Everts A J. Architecture and growth history of a Miocene carbonate platform from 3D seismic reflection data: Luconia province, offshore Sarawak, Malaysia [C]. Mar. Petrol. Geol., 2004, 21(4): 517-534.
- [21] Vahrenkamp V C. Sr-isotope stratigraphy of Miocene carbonates, Luconia Province, Sarawak, Malaysia: implications for platform growth and demise and regional reservoir behavior [C]. American Association of Petroleum Geologists 1998 Annual Meeting, AAPG (Tulsa), 1998.
- [22] Epting M. Sedimentology of Miocene carbonate buildups, central Luconia, offshore Sarawak [J]. Bulletin Geological Society of Malaysia, 1980, 12(1): 17-30.
- [23] 顾家裕, 马锋, 季丽丹. 碳酸盐岩台地类型、特征及主控因素 [J]. 古地理学报, 2009, 11(1): 21-27.
- [24] Menier D, Pierson B, Chalabi A, et al. Morphological indicators of structural control, relative sea-level fluctuations and platform drowning on present-day and Miocene carbonate platforms [J]. Marine and Petroleum Geology, 2014, 49(1): 1-13.

TECTONIC DIFFERENTIATION IN THE EASTERN PART OF SARAWAK BASIN AND ITS CONTROL OVER SEDIMENTATION

MA Liangtao^{1,2}, FAN Tingen¹, ZHONG Yu³

(1 Research Institute, China National Offshore Oil Corporation, Beijing 100027, China;

2 Postdoctoral Center, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3 Qigequan Work Zone, Qinghai Oilfield Production Plant, Qinghai 816400, China)

Abstract: Based on the tectonic evolution of the Sarawak Basin, the tectonic differentiation among North Luconia, Central Luconia and Balingian provinces and its control on sedimentation are discussed in this paper. It shows that: 1) the subduction and collision of Luconia to Borneo plate, dominated by Borneo's anti-clockwise movement, was the main factor that leads to the tectonic differentiation among North Luconia, Central Luconia and Balingian provinces; 2) sedimentation was controlled by the tectonic differentiation: a) From Middle Miocene to Upper Miocene, Paleotopography dominated the type of sediments. The Central Luconia province was dominated by carbonate sedimentation, while Marine clastics were deposited in the North Luconia and Balingian provinces; b) Despite the intensity of deformation in surrounding areas, the basin remained stable throughout the time of Tertiary to facilitate the carbonate deposition; c) From Oligocene to early Miocene, due to the extensional and strike-slip tectonics, this area formed the southwest to northeast trending graben and horst which dominated the type of carbonate buildups and their distribution

Key words: carbonate buildups; controlling effect; tectonic differentiation; Sarawak Basin; Borneo