

南海西部万安断裂活动特征及其对万安盆地的控制作用

陈 强,金庆焕*

(中国地质调查局广州海洋地质调查局,广州 510075)

摘 要:万安盆地位于南海西南部印支块体东南端即万安断裂以西地区。前人关于万安断裂活动特征及其对万安盆地形成演化的控制作用存在较多争议。通过对万安盆地地质背景、地质特征以及万安断裂走滑活动规律的综合分析认为,万安断裂是一条早期形成(中生代晚期)、多期活动的走滑断裂。万安断裂活动切割了盆地新生代地层,形成较多负花状构造,但该断裂仅引起盆地局部区域新生代地层产状变化,远离该走滑断裂的地层未受影响。万安盆地走滑伸展特征不甚明显,而具有明显的裂谷盆地特点,初步分析认为,万安盆地应为具有走滑性质的大陆边缘裂陷盆地。

关键词:万安断裂;活动特征;万安盆地;形成机制;南海西部

中图分类号:P542.3

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2017.10001

南海是西太平洋最大的边缘海,地处欧亚、太平洋、印—澳三大板块的交会处,地质现象复杂而丰富多彩,被一些地质学家称作最好的天然地质实验室^[1-4]。万安盆地位于南海西南部陆架和陆坡上,区域构造位置属于印支块体东南端^[5-7](图1)。长期以来万安盆地形成机制及其与盆地东部万安走滑断裂的关系颇受争议。对于万安盆地类型前人一般将其界定为走滑拉分盆地^[6,8,9],这些观点主要是基于印支半岛逃逸构造模式^[10]。专家们认为印度板块与欧亚板块碰撞导致印支半岛被挤出,在印支半岛东侧(南海西缘)发育大型走滑断裂,导致了一系列走滑盆地形成(如莺歌海盆地、中建南盆地、万安盆地等)。然而必须强调指

出,万安盆地内部构造特征与走滑盆地特点并不完全一致。至于万安断裂是红河断裂带的延伸还是在南海扩张过程中所形成、其对万安盆地的控制作用如何等问题,尚有待进一步研究^[11-14]。鉴于此,本文拟通过重点分析研究万安东部断裂活动特征,并结合万安盆地构造演化特点及其地质背景,进一步揭示万安盆地属性及其形成机制,分析阐明南部西南部盆地构造演化及其活动特点与控制影响作用。

1 区域地质背景

万安盆地隶属于印支块体,盆地近南北向,中间宽,两头窄,形似梭形或纺锤状(图1)。盆地西侧为昆崙隆起,东侧是南北向的构造隆起带与南海海盆相接部位,东南侧为南沙地块的曾母盆地,南侧为巽他陆架^[6,15]。

印支块体位于万安断裂带以西。总体是一个以昆崙元古宙陆核为中心,被海西和印支期褶皱带围绕的一个构造单元。以万安盆地北缘 NE 向

收稿日期:2017-09-08

基金项目:中国地质调查局“全国海陆成矿图件编制更新”项目(KD 2017-226)

作者简介:陈 强(1970—),男,高级工程师,主要从事海洋地质调查与油气资源评价研究工作. E-mail: cq@hydz.cn

*** 通讯作者:**金庆焕(1934—),男,中国科学院院士,主要从事海洋地质与石油地质的研究工作. E-mail: jqh@hydz.cn

万安盆地叠置在印支陆块的海西—印支褶皱变质基底和燕山期岩浆—火山弧之上,新生代自下而上沉积了下一中始新统粗碎屑岩、上始新统

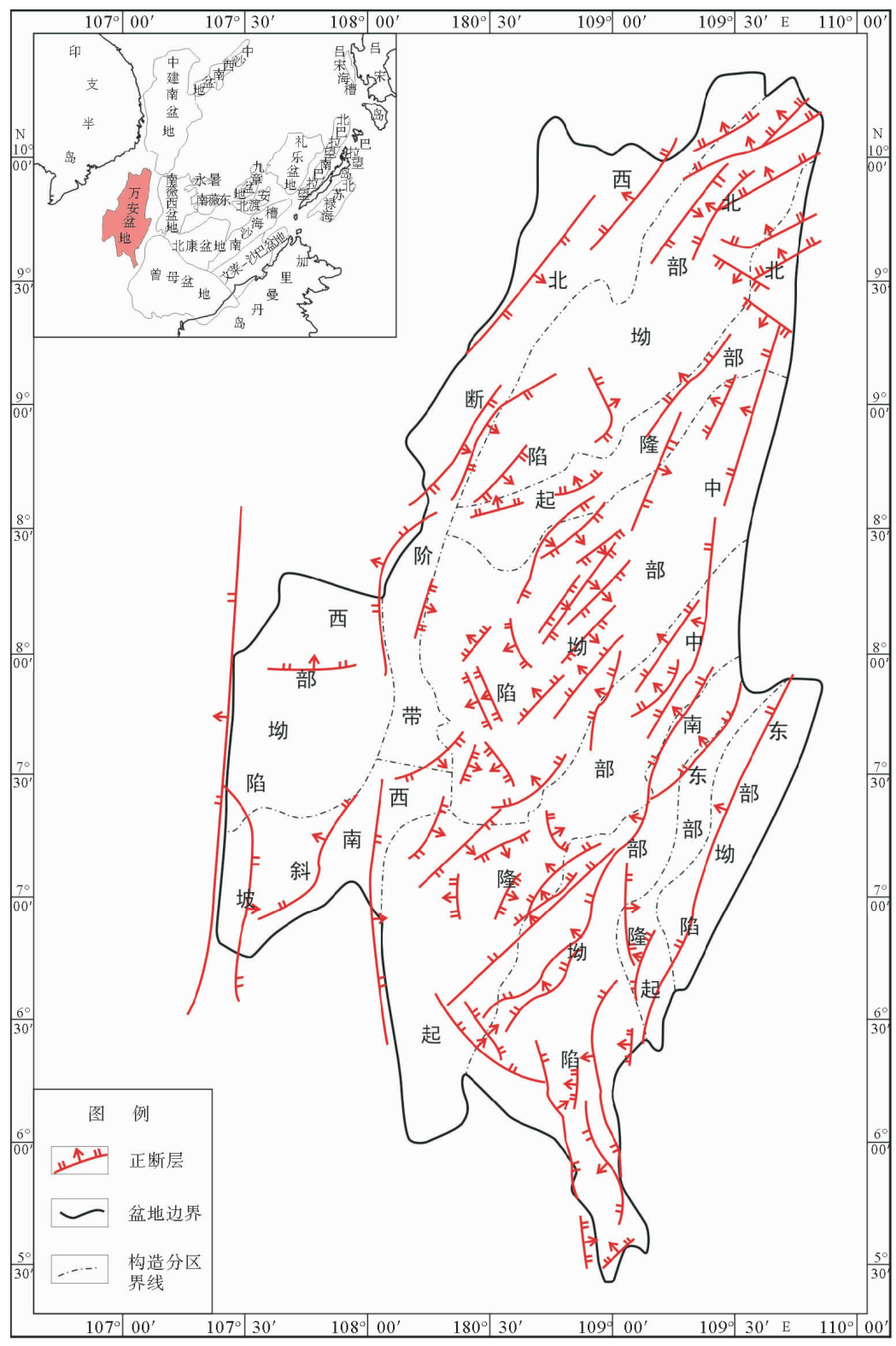


图 2 万安盆地构造纲要图 (据文献[6])

Fig. 2 Characteristics of fault development of Wan'an Basin (from reference [6])

—渐新统砂砾岩—砂泥岩/泥岩、下中新统一中新统粗—细粒碎屑岩互层及碳酸盐岩、上新统粗碎屑岩及碳酸盐岩以及上新统一第四系海相细粒沉积岩等沉积物(图 3)。新生代最大沉积厚度达 12 500 m^[6,7,24]。

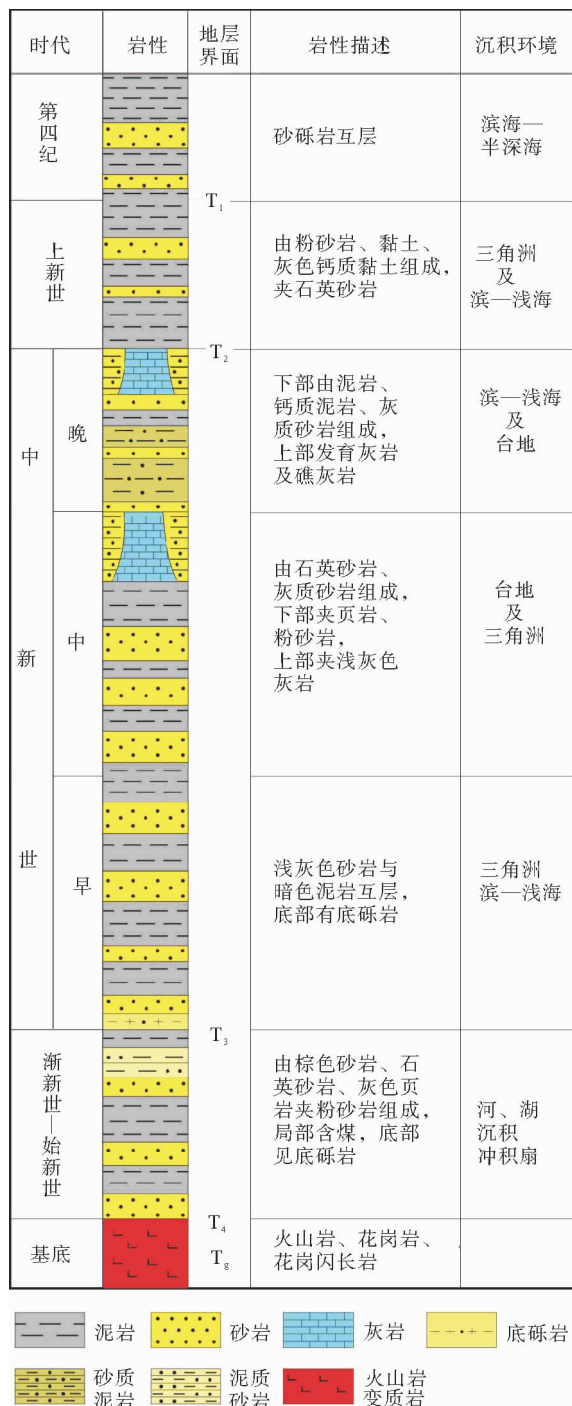


图 3 万安盆地地层柱状图 (据文献[6])

Fig. 3 Stratigraphic framework of Wan'an Basin (from reference [6])

(1) 始新统沉积特征

万安盆地始新统为一套陆相堆积、冲积及河湖沉积的砂岩、泥质砂岩及泥岩,底部为砂砾岩,厚度<1 000 m。

(2) 渐新统沉积特征

渐新统与始新统及基底呈角度不整合接触,厚度为 200~4 000 m。岩性为砂岩、粉砂质泥岩和泥岩,泥岩相对较发育,含有生物碎屑片和煤层,底部砂岩较发育。

(3) 中新统沉积特征

中新统下段分布广泛,厚度为 400~2 800 m,沉积中心位于中北部,并略呈北厚南薄的沉积格局。岩性为砂泥岩互层及泥岩夹砂岩。

中新统中段分布广泛,为滨、浅海及台地沉积,台地灰岩发育,沉积厚度变化大,为 350~3 200 m,南部较北部略厚。岩性为砂岩、泥岩、灰岩及泥质灰岩和白云岩。

中新统上段遍布全盆,厚度为 200~2 000 m,以中部最厚。岩性以泥岩和砂质泥岩为主,盆地南部台地灰岩及礁灰岩发育,盆地西部三角洲砂岩较发育。

(4) 上新统一第四系沉积特征

上新统一第四系遍布全盆,厚度为 400~3 600 m,横向厚度变化较大,以中部最厚,向四周逐渐减薄。沉积中心明显较中新统东移,为浅海—半深海相沉积。下部为厚层泥岩夹砂岩,以泥岩为主;上部为砂泥岩互层,大致呈下细上粗的双层结构。

3 盆地东缘万安断裂发育特征

万安断裂是万安盆地东缘走滑断裂,呈 NNE 向延伸展布,长约 660 km。断层切自中生代基底,终止活动于中新世晚期。断裂在地形地貌上并不与陆架边缘陡坡相重合,北段位于陆坡上;中段在万安滩、西卫滩与陆架之间的槽沟中;南段伸入陆架中,地形上无明显标记。但沿断裂带见多个火成岩体刺穿上覆地层直至海底形成海山。

3.1 过万安东断裂剖面

(1) L1 剖面 (图 4)

该地质剖面中部有不完整的花状构造(剖面

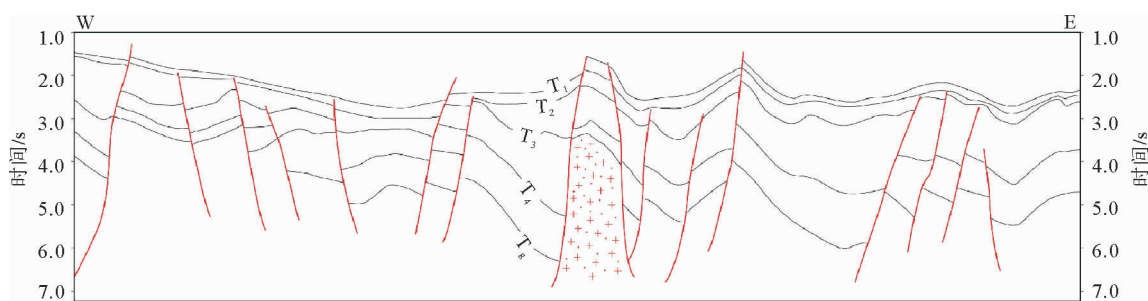


图 4 L1 剖面构造特征 (剖面位置见图 1)

Fig. 4 Structural features of profile L1 (see Fig. 1 for profile location)

中断裂未见底),为万安断裂在剖面上的特征,表明万安走滑断裂切割较深,切穿基底。紧邻万安断裂西侧发育岩浆岩侵入体。剖面西侧万安盆地部分断裂构造发育,主要发育滑动断阶以及地堑构造。 T_3 界面不整合特征明显,其下地层遭削截,新近纪地层超覆于 T_3 之上。地层厚度西部薄,东部逐渐变厚,且古近系厚度明显大于新近系。

除紧邻万安断裂的地层受岩浆潜入上隆外,

西部地层受万安断裂影响较小。

(2) L2 剖面(图 5)

该地质剖面具 2 个明显的构造现象:西部的大型花状构造和东部的岩浆侵入体。岩浆侵入体为万安盆地东部边界。剖面中万安盆地部分显示,古近系厚度较大,新近系厚度较小。 T_3 以下地层削截明显, T_3 以上地层发生超覆。断裂构造发育, T_3 以下地层受断层控制明显。主要发育铲式半地堑、滑动断阶、负花状构造等构造样式。

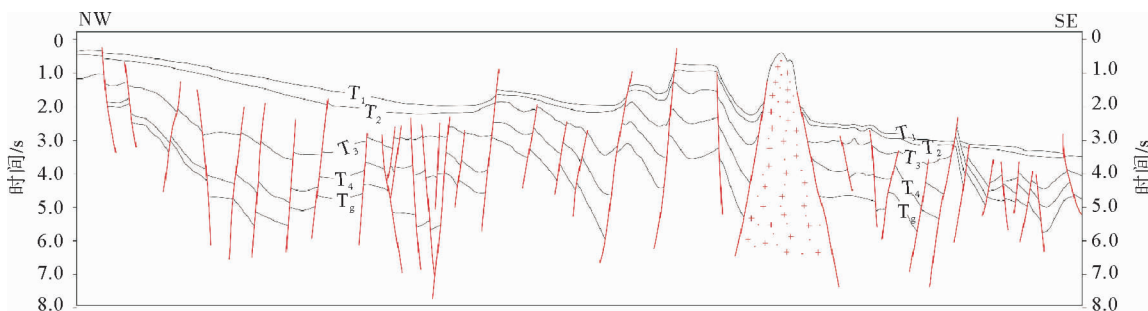


图 5 L2 剖面构造特征 (剖面位置见图 1)

Fig. 5 Structural features of L2 profile (see Fig. 1 for profile location)

万安断裂切穿基底。对比万安走滑断裂东西部地层与构造特征可知,地层除发生错动外,厚度变化不大,两侧断裂也基本不受影响。其他部位未见花状构造发育。

3.2 过万安东断裂平衡剖面

对万安东断裂的 2 条构造地质剖面(L1、L2)的平衡剖面分析(图 6、7)结果表明:始新世—渐新世末,广泛发育同沉积断层,断层的同沉积特性

随时间逐渐减弱;中新世以来,盆地的同沉积特性表现不明显,但断层依然活动;上新世—第四纪,断层基本不再活动。

万安东断裂是一条早期形成(中生代晚期)、多期活动的走滑断裂。该断层活动错开万安盆地地层,形成负花状构造,并引起两侧地层褶皱隆起,褶皱作用东强西弱。万安断裂仅引起局部地层变化,远离该走滑断裂的地层未受影响。万安断裂在中新世末停止活动。

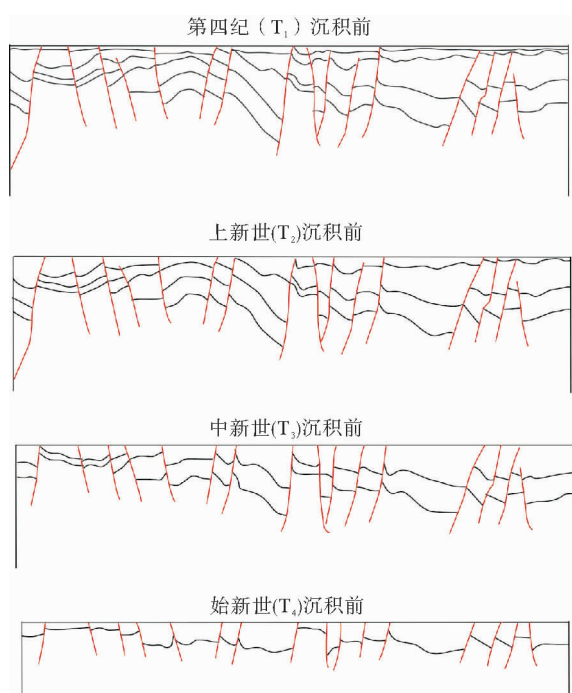


图 6 L1 测线平衡剖面 (剖面位置见图 1)

Fig. 6 Balanced cross-section of L1 profile
(profile location see fig. 1)

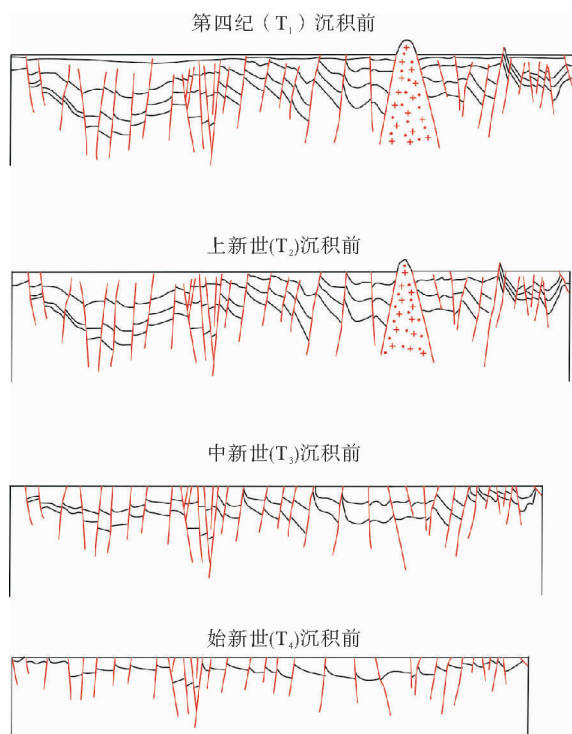


图 7 L2 测线平衡剖面 (剖面位置见图 1)

Fig. 7 Balanced cross-section of profile L2
(profile location see fig. 1)

4 讨论

4.1 万安盆地类型

前人多以“逃逸构造”模式为依据,将万安盆地界定为走滑拉分盆地^[6,8,9]。England 和 Molnar^[25]对“逃逸构造”模式提出了质疑,认为青藏高原以东存在有大规模的顺时针块体旋转,相应的东西向地块缩短吸收了大部分向东挤出的物质流,这些物质流很少影响到东南亚和我国东部。同时,最近一些学者对南海西部盆地构造剖面的分析结果显示,南海西缘断裂具有分段性,特点各异,与“逃逸构造”观点明细不符^[11,12,14,19]。因此,万安盆地形成机制与盆地类型需要重新界定。

首先,从盆地构造特征来看,万安盆地张性断裂构造发育,少见走滑断层和挤压反转断层。前已分析,断裂构造走向主要为 SN、NE 和 NW 向,即断裂构造主要是沿着印支陆缘走向发育。除万安断裂所经过的区域外,其他地区基本不发育花状构造。

其次,在万安盆地沉积特征方面,盆地沉积演化经历了从陆相河流、冲积平原、三角洲相向滨浅海、半深海的转变,沉积厚度西薄东厚,沉积中心有由西向东迁移的特征。构造剖面与平衡剖面图显示,万安盆地物源主要来自西部印支地块。

再次,从构造对沉积的控制作用方面来看,平衡剖面图显示,万安盆地沉积主要受控与东倾的张性断裂,同沉积构造发育,沉积作用主要发生于渐新世和中新世。

综上所述,万安盆地走滑拉张特征不明显,而具有明显的裂谷盆地的特点,初步分析认为万安盆地应为断陷盆地。

4.2 万安盆地形成机制

太平洋板块对我国东南大陆演化具有重要的影响^[26-28]。郭令智等^[29]认为,在中生代西太平洋亚洲东部为活动大陆边缘,与现代南美洲西海岸安第斯型大陆边缘相似,存在一个“海沟火山弧系”(图 8)。南海西缘中生代特别是燕山期广泛发育的中酸性火山岩带和花岗岩带就是有力的证据^[30-32]。中生代末—新生代初,东南亚大陆边缘

挤压构造应力场出现松弛,一些早期的构造薄弱带成为初始张裂发生的地方,在越南东南部边缘发生的张裂作用形成了一系列彼此分割的NE向小型裂谷型地堑或半地堑,初步奠定了万安盆地的雏形。晚始新世,随着南海西南海盆开始扩张,引起这次扩张的地壳伸展向西南传递到万安盆地所在位置,万安盆地在初期裂谷的基础上开始第2阶段的张裂。中—晚中新世万安断裂发生左旋走滑活动,断裂附近地层普遍发生褶皱变形,褶皱强度自东向西减弱,显示运动产生的动力来源于东部^[22,23]。

总之,万安盆地是在中生代末—新生代初南海西南部张裂大陆边缘形成的具有一定走滑性质的裂陷沉积盆地。古太平洋板块俯冲以及南海扩张是万安盆地形成演化的主要控制因素。

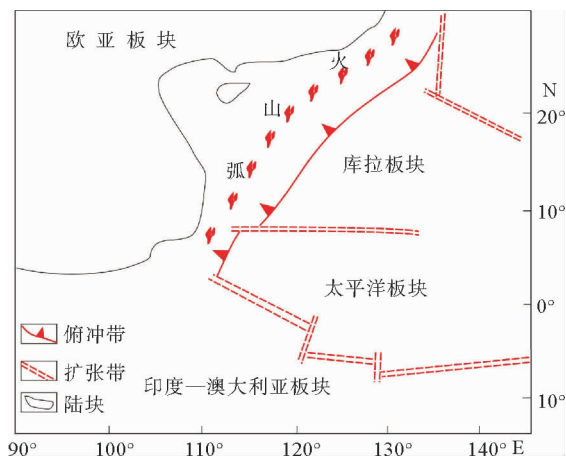


图8 130 Ma 南海区域构造演化 (据文献[27-29])

Fig. 8 Regional tectonic evolution of South China Sea before 130 Ma (from references [27-29])

5 结论

通过对万安盆地及其周缘区域地质背景、地质特征以及万安断裂走滑活动规律的综合分析认为,万安东断裂形成于中生代晚期,具有多期活动的特征。万安东断裂仅引起万安盆地局部地层变化,但不足以控制整个盆地的形成演化。因此,万安盆地属于具有走滑性质的裂陷盆地,与南海西北部典型的走滑伸展盆地——莺歌海盆地具有较大的差异。

参考文献:

- [1] Xia B, Zhang Y, Cui X J, et al. Understanding of the geological and geodynamic controls on the formation of the South China Sea: A numerical modelling approach [J]. Journal of Geodynamics, 2006, 42(1/3): 63-84.
- [2] Hall R. Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: computer-based reconstructions, models and animations [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2002, 20: 353-431.
- [3] Briais A, Patriat P, Trapponnier P. Updated interpretation of magnetic anomalies and seafloor spreading stages in the South China Sea: implications for the Tertiary tectonics of Southeast Asia [J]. Journal of Geophysical Research, 1993, 98(B4): 6299-6328.
- [4] 刘昭蜀,杨树康,何善谋,等.南海陆缘地堑系及边缘海的演化旋回[J].热带海洋,1983,2(4):251-259.
- [5] Hutchison C S. Marginal basin evolution: the southern South China Sea [J]. Marine and Petroleum Geology, 2004, 21: 1129-1148.
- [6] 金庆煊,吴进民,谢秋元,等.南沙西部海域沉积盆地分析与油气资源[M].武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [7] Lee G H, Lee K, Watkins J S. Geologic evolution of the Cuu Long and Nam Con Son Basins, offshore southern Vietnam, South China Sea [J]. AAPG Bulletin, 2001, 85(18): 1055-1082.
- [8] 钟广见,王嘹亮.南海西南部新生代盆地类型及演化历史[J].海洋湖沼通报,1996(2):24-32.
- [9] 张光学,杨木壮.南海万安盆地的构造样式与构造圈闭[J].热带海洋,1999,18(1):1-6.
- [10] Tapponnier P, Peltzer G, Le D A Y, et al. Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine [J]. Geology, 1982, 10(2): 611-616.
- [11] Liu H L, Yan P, Zhang B Y, et al. Role of the Wan-an fault system in the western Nansha Islands (Southern South China Sea) [J]. Journal of Asian Earth Science, 2004, 23(2): 221-233.
- [12] Liu B M, Xia B, Li X X, et al. The southeastern extension of Honghe fault zone and its tectonic evolution significance [J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2006, 49(8): 839-850.
- [13] Rangin C, Klein M, Roques D, et al. The Red River fault system in the Tonkin Gulf, Vietnam [J]. Tectonophysics, 1995, 243(3/4): 209-222.
- [14] Zhu M Z, Graham S, McHargue T. The Red River Fault zone in the Yinggehai Basin, South China Sea [J]. Tectonophysics, 2009, 476(3): 397-417.
- [15] Huchon P, Nguyen T N H, Chamot-Rooke N. Finite extension of the Red River fault zone in the Yinggehai Basin, South China Sea [J]. Tectonophysics, 2009, 476(3): 397-417.

- sion across the south Vietnam basins from 3D gravimetric modelling: relation to South China Sea kinematics[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 1998, 15(7): 619-634.
- [16] Huchon P, Pichon X L, Rangin C. Indochina Peninsula and the collision of India and Eurasia[J]. *Geology*, 1994, 22(1): 27-30.
- [17] Fyhn M B W, Boldreel L O, Nielsen L H. Geological development of the Central and South Vietnamese margin: Implications for the establishment of the South China Sea, Indochinese escape tectonics and Cenozoic volcanism[J]. *Tectonophysics*, 2009, 478(3/4): 184-214.
- [18] Tingay M, Morley C, King R, et al. Present-day stress field of Southeast Asia[J]. *Tectonophysics*, 2010, 482(1): 92-104.
- [19] Clift P, Lee G H, Duc N A, et al. Seismic reflection evidence for a Dangerous Grounds miniplate: No extrusion origin for the South China Sea[J]. *Tectonics*, 2008, 27(3): 2-10.
- [20] Ben-Avraham Z, Emery K O. Structure Framework of Sunda Shelf[J]. *AAPG Bulletin*, 1973, 57(12): 2323-2366.
- [21] Schmidtke E A, Fuller M D, Haston R. Paleomagnetic data from Sarawak, Malaysian Borneo, and the late Mesozoic and Cenozoic tectonics of Sundaland[J]. *Tectonics*, 1990, 9(1): 123-140.
- [22] 姚伯初. 南海海盆新生代的构造演化史[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1996, 16(2): 1-13.
- [23] 吴世敏, 邱学林, 周 蒂. 南海西缘新生代沉积盆地形成动力学探讨[J]. *大地构造与成矿学*, 2005, 29(3): 346-353.
- [24] Nguyen T T B, Tomochika T, Hoang P S, et al. Present-day stress and pore pressure fields in the Cuu Long and Nam Con Son Basins, offshore Vietnam[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2007, 24(10): 607-615.
- [25] England P, Molnar P. Right-lateral shear and rotation as the explanation for strike-slip faulting in eastern Tibet[J]. *Nature*, 1990, 344(6262): 140-142.
- [26] Hilde T W C, Uyeda S, Kroenke L W. Evolution of the Western Pacific and its margin[J]. *Tectonophysics*, 1977, 38(1/2): 145-165.
- [27] Karig D E. Origin and development of marginal basin in the Western Pacific[J]. *Journal Geophysics Research*, 1971, 76(4): 2543-2561.
- [28] Karig D E. Plate convergence between the Philippines and Ryuku Islands[J]. *Marine Geology*, 1973, 14(3): 153-168.
- [29] 郭令智, 施央申, 马瑞士. 西太平洋中、新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成及演化[J]. *地质学报*, 1983, 57(1): 11-21.
- [30] Yan P, Deng H, Liu H, et al. The temporal and spatial distribution of volcanism in the South China Sea region[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2006, 27(5): 647-659.
- [31] Zhou D, Ru K, Chen H Z. Kinematics of Cenozoic extension on the South China Sea continental margin and its implications for the tectonic evolution of the region[J]. *Tectonophysics*, 1995, 251(1): 161-177.
- [32] Rangin C, Huchon P, Pichon X L, et al. Cenozoic deformation of central and south Vietnam[J]. *Tectonophysics*, 1995, 251(1): 179-196.

ACTIVITY FEATURES OF WAN'AN FAULT AND ITS CONSTRAINTS ON WAN'AN BASIN, WESTERN SOUTH CHINA SEA

CHEN Qiang, JIN Qinghuan*

(Guangzhou Marine Geological Survey, CGS, Guangzhou 510075, China)

Abstract: The Wan'an Basin lies in the southwestern South China Sea, southeastern Indosinian block, to the west of the Wan'an Fault. It has been a long term controversy on the activity characteristics of the Wan'an Fault and its effect on the formation and evolution of the Wan'an Basin. In this paper, regional geological settings and geological characteristics of the Wan'an Basin and activity characteristics of the Wan'an strike-slip fault are analyzed. The Wan'an Fault was formed early in Late Mesozoic, and experienced a multi-stage activities later on. The Fault cut through the Basin, during which negative flower structures formed. But the Wan'an Fault only caused partial strata change, the strata away from the strike-slip fault were not affected. Thus the basin has obvious characteristics of a rift basin on continental margin.

Key words: Wan'an Fault; activity characteristics; Wan'an Basin; formation mechanism; Western South China Sea