

南海东北陆坡断裂特征及其对盆地演化的控制作用

钟广见 吴能友 林 珍 姚永坚 易 海

(广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760)

提 要:南海东北陆坡断裂发育,主要有北东、北西、近南北和近东西向的 4 组断裂,按性质分则有张性、压性和走滑等。主干基底断裂有 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7 、 F_8 、 F_9 、 F_{10} 等,这些断裂规模较大并决定了珠江口盆地白云凹陷、尖峰北盆地、笔架盆地和台西南盆地发育和演化。受主干断裂的控制,尖峰北盆地经历了断陷、拗陷、区域沉降 3 期演化,发育两套构造层;而笔架盆地则经历了渐新世断陷、渐新世末—中中新世拗陷和晚中新世—全新世构造反转 3 期演化,发育两套构造层。

关 键 词:南海;断裂;盆地演化

中图分类号: P542⁺.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2008)03-0456-07

近年来,广州海洋地质调查局在南海北部陆坡开展了大量地球物理调查,以多道地震资料为基础,结合重磁资料综合分析了东北陆坡区的断裂分布与发育特征。笔者以主干断裂为主线,总结这些断裂的分布与发育特征,分析其对陆坡新生代盆地构造演化和沉积发育的控制作用。

1 断裂基本特征

南海北部陆坡区位于欧亚大陆东南缘,南中国海东北部;在构造上处于欧亚板块、与菲律宾板块和西太平洋板块聚敛带上,地壳厚度为 8~28 km,属于高速地壳层^[1]。印支运动对华南地块的影响极大,晚三叠—早侏罗世,华南地块上发育了一套类磨拉石含煤碎屑建造、火山岩碎屑建造等。河源、莲花山深断裂活动强烈伴随有火山喷发。中、晚侏罗—早白垩世,华南地块上发生大规模断裂活动并伴随的岩浆侵入,形成若干陆相断陷型碎屑沉积和中—酸性岩浆岩。晚侏罗世,粤东—闽南一带受强烈挤压,形成长乐—南澳深断裂带。沿该断裂带发生火山喷发、岩

浆侵入和动力热变质作用,造成高温低压变质带。早白垩世,华南地块上升受到剥蚀,形成丘陵和山地。晚白垩世—始新世,华南地块上沿北东向的断裂带形成众多的小型红色断陷盆地,如茂名、三水、南雄等盆地均是这一时期的产物。

晚白垩世末期,菲律宾海板块向欧亚板块俯冲,南海北部大陆边缘上地幔的隆升,岩石圈减薄,形成了包括珠江口盆地和琼东南盆地等在内的一系列地堑或半地堑型拉张盆地。盆地内断裂发育,断裂性质以张性为主,走向有 NE、NW,以 NE 向为主。

晚始新世,太平洋板块向欧亚板块俯冲继续加强,进入板块碰撞第二阶段,在南海形成西南海盆。至早、中渐新世,南海北部大陆边缘沉积作用虽仍受断层控制,但影响减小,沉积范围越过早期的控盆边界断层,将南海北部的沉积盆地基本连为一体。

晚渐新世,太平洋板块向欧亚板块继续俯冲,南海发生近南北向的海底扩张,中央海盆形成,前期的断陷盆地转化为拗陷型盆地。中中新世末—晚中新世早期,由于菲律宾板块往北西方向漂移,产生

NW 向的走滑断裂活动。随后南海地区进一步沉降,海域扩大,接受半深海-深海沉积。

南海北部陆坡区经历了中、新生代多次构造活动,形成了为数众多、方向各异的断裂。断裂和断陷活动是中、新生代构造变形的最大特色。前人从不同角度对陆坡中、新生代断裂作过研究,如陈冰等^[2]曾指出潮汕坳陷中生代断裂主要为北西-北北西及北东-北北东走向。

通过地震资料对比分析并结合重力、磁力异常特征后,可以发现南海东北陆坡区主要有北东、北西、近南北和近东西 4 组方向的断裂,按性质分则有张性、压性和走滑 3 种。其中比较重要的基底断裂有 F₁、F₂、F₃、F₄、F₅、F₆、F₇、F₈、F₉、F₁₀ 等(图 1), 这些断裂规模较大,特征明显,对区内的构造演化及沉积盆地发育具

有十分重要的控制作用。NE 向断裂构造最为发育,密度最大,发育较早,是控制南海东北部构造格局和地形轮廓的主体断裂,该组断裂继承了中生代的区域构造线方向,至白垩纪末—古近纪初才转化为明显的张性活动;NW 向断裂晚于 NE 向断裂,大多规模较小,一般只作为二级以下构造单元的边界,多具走滑平移性质,多数切割了 NE 向断裂,是在地壳拉张过程中配套形成或在后期菲律宾弧与华南大陆斜向碰撞产生的;近 EW 向发育较少,常交于 NE 向断裂,并与 NE 向断裂归并,该组断裂可能与晚渐新世至早中新世南海海盆的第二次大规模扩张有关。

从断裂发育规模看,不同级别的断裂构造均有发育。新生代沉积盆地内部二级构造单元的边界断层,基本上是切割盆地基底的断裂,对盆地内部二级构造

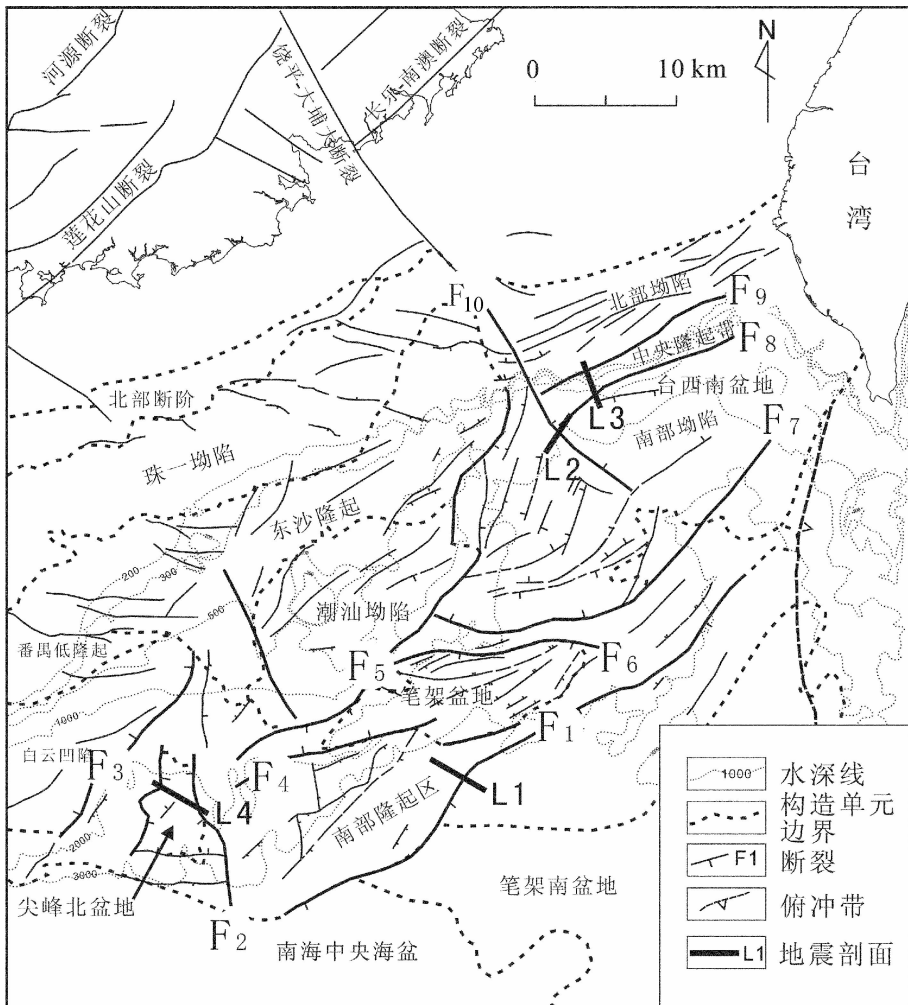


图 1 南海东北部断裂分布

Fig. 1 Distribution of faults in the northeast of the South China Sea

单元的发展演化和沉积特征,具有明显的控制作用。而盆地二级构造单元内部的断层多属于盖层断裂,主要见于新生代下部,断层发育密度较大。

断裂活动具有多期的特点。地震剖面显示,绝大部分新生代断裂从古新世开始活动,到中中新世末断裂活动停止,部分断裂直到晚中新世末仍在活动,另有少数断裂持续活动到上新世—更新世,形成所谓的“通天”断层。

2 基底断裂特征

2.1 北东向断裂

F_1 断裂可称为南海中央海盆北缘断裂,宋海斌等^[3]称为中央海盆北断裂为陆坡区与中央海盆的分界,处于水深约 3000 m 的位置,总体走向为 NE 向,延伸长度超过 400 km。该断裂两侧重磁场特征有明显差异,断裂北侧,空间重力以小规模异常为其主要特征,异常多呈块状、不规则状,走向不稳定,断裂南侧,重磁异常呈宽缓长波长异常。沿断裂带布格重力异常平均梯度达每千米 $1.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,从重力异常上延 5 km 后 0° —一阶水平方向导数图上也可识别该断裂存在的痕迹(图 2 箭头所示北东走向黑色长条带)。

中央海盆北缘断裂是一条延伸较长的岩石圈断层,分开陆壳与洋壳,属大陆分离、海底扩张的产物。地震剖面上该断层断面产状较陡,垂直断距大(图 3)。从横切断裂的地震剖面可以看到,在断裂南侧的海盆内,基底反射由多个相位组成,界面粗糙,局部被火山刺穿,呈典型的洋壳特征,洋壳基底上接受深

海沉积;而在断裂北侧的陆坡上,以中生界上覆薄层新生界为特征。

中央海盆北缘断裂是伴随着南海中央海盆的发育而形成的,断裂活动从晚渐新世开始,一直持续到现代。

F_3 断裂位于白云凹陷的南界,在重磁上表现为陡异常梯度带。该断裂是一条延伸长度及断距都较大的基底断裂,走向 NE,倾向 NW,延伸长度超过 200 km,最大垂直断距达 2600 m,对新生代沉积具有明显的控制作用。在断裂北侧的白云凹陷内沉积了巨厚的新生界,而在断裂南侧古近纪以隆起为特征,到古近纪末期才开始接受沉积。

F_5 断裂可称为东沙断裂,位于东沙群岛南部,为潮汕坳陷的南界断裂。沿断裂带为磁场分区特征线,断裂两侧磁力场特征有较大差异,断裂西北侧,磁力场为正磁异常,断裂东南侧为正负变化磁异常。沿断裂带存在明显布格重力梯度带,布格重力异常最大梯度达每千米 $2.4 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。从重力异常上延 5 km 后 0° —一阶水平方向导数图上也可识别出该断裂,是一条深大断裂。断裂呈 NE 走向,延伸长约 300 km。 F_7 断裂位于台西南盆地的南界,该断裂形成于古近纪初期,之后多期活动,渐新世初期为断裂活动第一个高峰期,台西南盆地南部坳陷经历了一个快速沉降期,最大构造沉降速率接近 70 m/Ma ,总沉降速率接近 100 m/Ma ;中中新世时,断裂进一步活动,南部坳陷经历了另一个快速沉降期,最大构造沉降速率为 100 m/Ma ,总沉降速率接近 140 m/Ma ;此后,断裂活动减弱,台西南盆地进入区域沉降期。由此可见,该断裂对台西南盆地南部的新生代沉积具

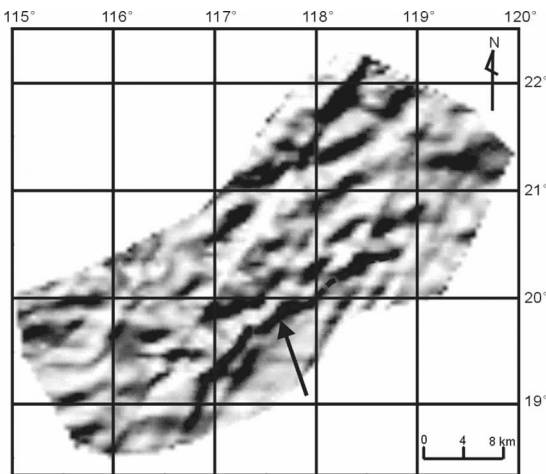


图 2 布格重力异常上延 5 km 后 0° —一阶水平方向导数

Fig. 2 0° first-order horizontal derivative of Bouguer gravity anomalies with an upward continuation of 5 km

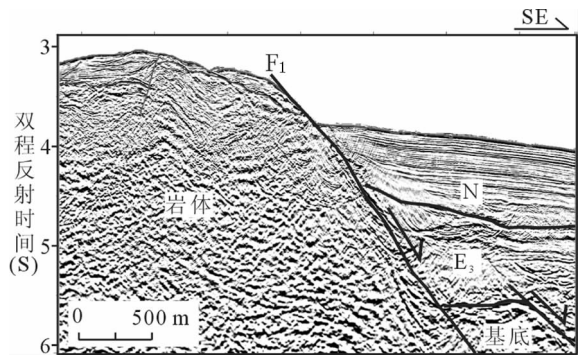
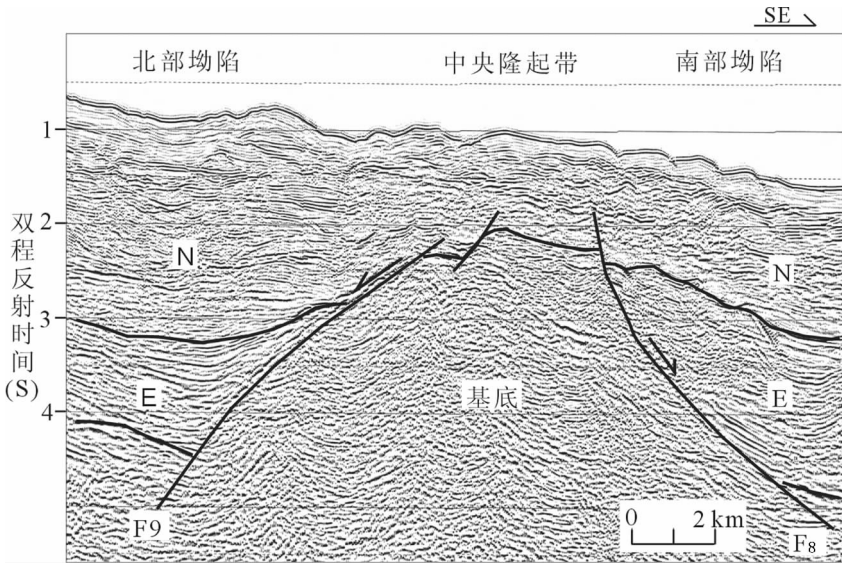


图 3 F_1 断裂在 L1 地震剖面上的特征

Fig. 3 Characteristics of Fault 1 on seismic profile L1 (for the location, see Fig. 1)

图 4 F_8 、 F_9 断裂在 L3 地震剖面上的特征Fig.4 Characteristics of F_8 and F_9 on seismic profile L3 (for the location, see Fig. 1)

有明显的控制作用。

F_8 、 F_9 断层位于陆坡上,是台西南盆地中央隆起的南、北边界断裂,分隔中央隆起与南部坳陷和北部坳陷(图 4)。

2.2 近南北向断裂

F_2 断裂是尖峰北盆地的东界断裂。断层走向近 SN,倾向 SWW,延伸长度近 100 km,最大垂直断距约 3000 m。该断层形成于晚白垩世末—古近纪早期,往下切穿中生代地层,之后多期活动,对新生代沉积具有明显的控制作用,断层上盘新生界厚为 500~2000 m,下盘则厚达 5000 m。

2.3 近东西向断裂

F_4 、 F_6 断裂位于陆坡上,是笔架盆地的南、北边界断裂,属基底断裂,在重磁上表现为陡异常梯度带,沿断裂岩浆活动强烈。断裂走向近 EW,延伸长度超过 100 km,最大垂直断距约 2000 m。断裂形成于晚三叠世末期,渐新世开始重新活动,是导致笔架盆地形成的主导断裂,它们控制着盆地的新生代沉积。

2.4 北西向断裂

F_{10} 断层位于陆坡上,是台西南盆地内部的大断裂。断层走向 NW,是陆坡区内较大的一条平移断层,海区延伸长度近 400 km。它可能是陆地上饶平—大埔大断裂在南海的延伸断裂,与郝天珧等^[4]利用重磁资料分辨的一条北西向断裂一致。在地震剖面上具有明显的走滑活动痕迹,切割海底和基底,

断裂两侧地层特征明显不同,断裂右侧地层厚度远小于左侧地层,且缺失多套地层。在主断层左侧发育一系列羽状断层,目前以左旋活动为特征(图 5)。从台西南盆地总体构造格局看,该断裂以东盆地呈坳—隆—坳的构造特征,而断裂以西呈单坳特征,且两侧坳陷内沉积结构和沉积厚度也具有不同特征。

3 对陆坡区新生代沉积盆地的控制作用

南海东北陆坡区新生代主要发育了台西南盆地、笔架盆地、尖峰北盆地以及珠江口盆地的白云凹陷(图 1),关于台西南盆地和珠江口盆地已有较多论述,笔者主要探讨断裂对尖峰北盆地和笔架盆地的控制作用。

3.1 尖峰北盆地

尖峰北盆地位于南海北部大陆边缘南部,盆地走向为北东东向,北边是珠江口盆地珠二坳陷,南边是南海中央海盆,该盆地是广州海洋地质调查局近年来开展南海北部陆坡深水油气资源调查所圈定的新生代沉积盆地,盆地位于水深 1000~3000 m 的陆坡上,地形变化大。20 世纪 80 年代吴进民^[5]等利用重力资料初步圈定了尖峰北盆地区,对该盆地的进一步了解是从 2003 年开始,深水油气资源调查发现该盆地发育较厚的新生代沉积。

尖峰北盆地新生代经历了多次构造运动,形成

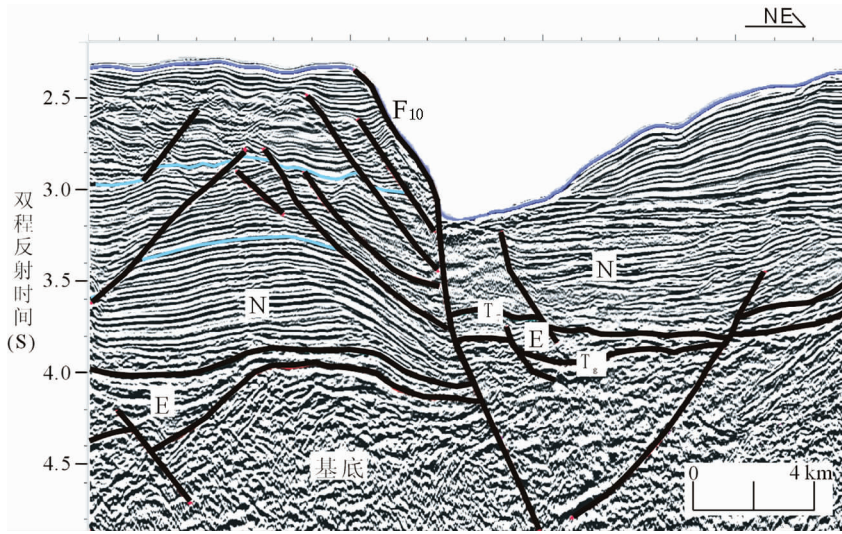


图5 F₁₀ 断裂在 L2 地震剖面上的特征

Fig. 5 Characteristic of Fault 10 on seismic profile L2 (for the location, see Fig. 1)

了为数众多、方向各异的断裂。从断裂的空间展布特征看,断裂方向主要有 NE 向、近 EW 向和近 SN 向 3 组。从断裂性质看,断裂主要为正断层,其中 F₂ 是控盆的边界断裂,其规模较大,特征明显,对盆地的发育演化具有十分重要的控制作用。新生代地层分为上、下两套构造层,下构造层内发育古近系;上构造层主要发育新近系,沉积相对稳定,地层呈席状披盖,变形微弱,厚度大。

晚白垩世末—古新世初期受 NW-SE 向区域应力拉张作用,盆地主控断裂 F₂ 断裂开始活动并伴

随主断裂发育一系列 NE 向或 NEE 向次级断裂,形成彼此相间的地堑和半地堑,在 F₂ 断裂不断生长下,尖峰北盆地开始形成(图 6)。这一过程一直持续到渐新世末期,盆地内部充填了大量以河湖相为主的沉积。

晚渐新世末—中新世南海中央海盆扩张是影响盆地发育的主导因素,盆地转入拗陷发展阶段,南海北部普遍下沉,海平面上升,使得盆地早期一些分割的小断陷连成了一体,盆地沉积类型也随之发生变化,陆相逐步过渡到海陆过渡相和海相。中中新世末

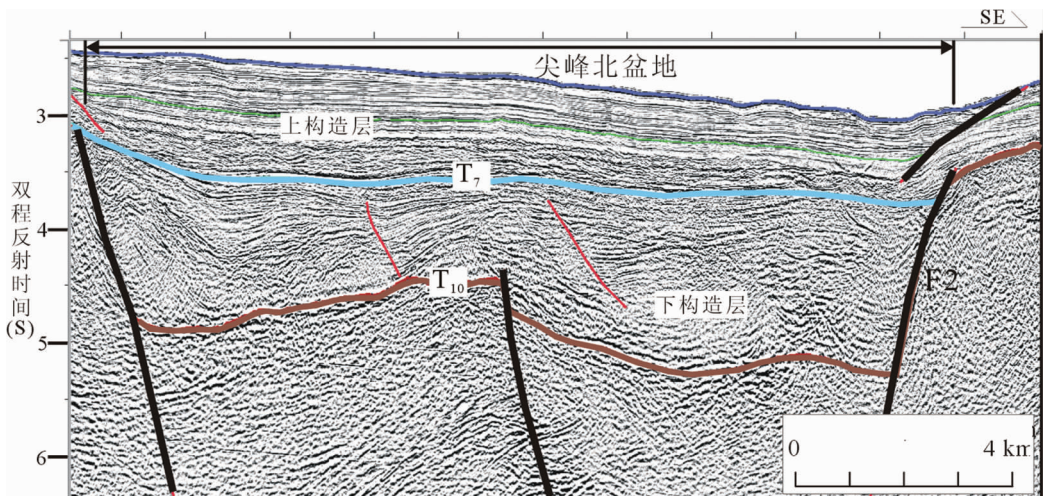


图6 地震剖面 L4 显示尖峰北盆地结构特征

Fig.6 Configuration of the Jianfengbei basin shown on seismic profile L4 (for the location, see Fig. 1)

期,受东沙运动的影响,发生区域性海退,盆地相对隆升,部分地区遭受剥蚀,沉降、沉积速率明显降低。

晚中新世—全新世盆地成熟期—区域沉降阶段,盆地及其周围大部分以稳定的浅海—半深海相沉积为主,无固定沉积中心。

3.2 笔架盆地

笔架盆地位于南海北部陆坡区的南部,盆地走向为近东西向,盆地周围主要均以基底断层为界,其构造、沉积演化受边界断层控制,为一不规则形地堑型盆地。新生代地层为 2000~4000 m,厚度差异较小,沉积中心位于盆地中央。其新生代地层为上、下两套构造层,下构造层内发育早渐新世沉积,缺失古新世、始新世沉积;上构造层主要发育新近系,沉积相对稳定,地层呈席状披盖,变形微弱,厚度大。

渐新世受南海扩张影响,区域构造应力场以近 SN 向拉张为主,盆地开始发育,以陆缘扩张引起的地壳张裂为特征。盆地内形成一系列断块和隆起,在断陷中接受陆相或内浅海相砂岩、页岩沉积。此时期发育的较大断裂多为箕状断陷的边界断裂。

渐新世末—中中新世,笔架盆地转入坳陷阶段,此时期盆地的发育摆脱了早期箕状断陷边界断层的控制。早中新世,地壳拉张作用进一步加强,陆缘强烈减薄,盆地发生快速沉降,形成由外浅海—半深海相细碎屑组成的巨厚沉积。早中新世末—中早中新世,南海扩张停止,陆缘拉薄作用减弱乃至停止,盆地以冷却—缓慢沉降为特征,构造活动相对平静,形成以页岩为主夹粉砂的浅海—半深海沉积。

晚中新世—全新世,受台湾东部俯冲的影响,区域应力场以近 EW 向挤压为主,盆地发育次生张裂,接受浅海、半深海—深海相沉积。

3 结 论

南海东北陆坡区地质构造复杂,断裂发育。平面上断裂展布方向主要为北东、北西、近南北和近

东西 4 组方向的断裂,按性质分则有张性、压性和走滑 3 种等,以正断层为主。

基底断裂控制着南海北部陆坡新生代盆地(台西南盆地、笔架盆地、尖峰北盆地以及珠江口盆地的白云凹陷)的发育和演化。新生代沉积盆地—尖峰北盆地经历了断陷、坳陷、区域沉降 3 期演化,发育两套构造层;而笔架盆地则经历了渐新世断陷、渐新世末—中中新世坳陷和晚中新世—全新世构造反转 3 期演化,发育两套构造层。

参考文献(References):

- [1] 姚伯初, 曾维军, 陈艺中, 等. 南海北部陆缘东部的地壳结构[J]. 地球物理学报, 1994, 37(1):27-35.
Yao Bochu, Zeng Weijun, Chen Yizhong, et al. The crustal structure in the eastern part of the northern margin of the South China Sea [J]. Acta Geophysica Sinica, 1994, 37 (1), 27-35 (in Chinese with English abstract).
- [2] 陈冰, 王家林, 钟慧智, 等. 潮汕坳陷北部区域断裂研究[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 15(4):236-241.
Chen Bing, Wang Jialin, Zhong Huizhi, et al. A study on regional faults in the northern Chaoshan depression, South China Sea [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2001, 15 (4):27-35 (in Chinese with English abstract).
- [3] 宋海斌, 郝天珧, 江为为, 等. 南海地球物理场特征与基底断裂体系研究[J]. 地球物理学进展, 2002, 17(1):24-33.
Song Haibin, Hao Tianyao, Jiang Weiwei, et al. Researches on geophysical field characteristics and basement fault system of the South China Sea [J]. Progress in Geophysics, 2002, 17(1):24-33 (in Chinese with English abstract).
- [4] 郝天珧, 刘建华, 宋海斌, 等. 华南及其相邻边缘海域一些重要断裂的地球物理证据[J]. 地球物理学进展, 2002, 17(1):13-23.
Hao Tianyao, Liu Jianhua, Song Haibin, et al. Geophysical Evidences of Some Important Faults in South China and Adjacent Marginal Seas Region [J]. Progress in Geophysics, 2002, 17(1):13-23 (in Chinese with English abstract).
- [5] 吴进民. 新生代盆地, 南海地质地球物理图集[M]. 广州: 广东地图出版社, 1987.
Wu Jinmin. Map of Cenozoic Basins and, Geological Atlas of the South China Sea [M]. Guangzhou: Guangdong Map Press (in Chinese).

Characteristics of faults on the northeastern continental slope of the South China Sea and their controls on basin evolution

ZHONG Guang-jian, WU Neng-you, LIN Zhen, YAO Yong-jian, YI Hai

(Guangzhou Bureau of Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, Guangdong, China)

Abstract: Faults are well developed on the northeast slope of the South China Sea. There are mainly the NE, NW, nearly N-S and nearly E-W sets of faults. According to the fault natures, they can be divided into tensional faults, compressional faults and strike-slip faults. The main basement faults are F₁, F₂, F₃, F₄, F₅, F₆, F₇, F₈, F₉ and F₁₀. Those faults are large in scale and controlled the development and evolution of the Baiyun subbasin of the Zhujiankou basin, Jianfengbei basin, Bijia basin and Taixinan basin. Controlled by main faults, the Jianfengbei basin underwent three stages of evolution: downfaulting, downwarping and subsidence, and two structure layers occurred; the Bijia basin also underwent three stages of evolution: Oligocene downfaulting, late Oligocene to middle Miocene downwarping and late Miocene to Holocene tectonic inversion, which gave rise to two structure layers.

Key words: South China Sea; fault; basin evolution

About the first author: ZHONG Guang-jian, male, born in 1965, master and senior engineer; engages in the study of marine geology; E-mail: guangjianz@21cn.com.