DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2019081301

台湾海峡滨海断裂带地质构造特征

邓克

福建省地质调查研究院,福州 350013

摘要:为深入研究滨海断裂带的地质构造特征,收集、整理了台湾海峡西部的地质、构造和地球物理等相关资料并进行综合分析和研究。结果显示:(1)牛山岛、兄弟屿、南澎列岛3个关键海岛上的地质和线性构造直接反映了滨海断裂带的产状、性质、分段分布及区域变化等特征;(2)台湾海峡西部存在3条主要断裂带,其中F1为滨海断裂带,属于浙闽隆起上隆中凹陷的西界控凹断裂,F3断裂带为台西盆地西界控盆断裂,3条断裂带及其内部发育的正断层组合整体组成了海峡西部断裂系,控制了台湾海峡西部区域隆、坳格局的形成;(3)滨海断裂带和海峡西部断裂系被4条 NW 向区域断裂带自北向南切割为5段,即平潭外海段、泉州外海段、厦门外海段、东山外海段和南澳外海段。 关键词:滨海断裂带;地质构造;海峡西部断裂系;台湾海峡

中图分类号: P736,12 文献标识码: A

Tectonic characteristics of the Binhai Fault Zone in Taiwan Strait

DENG Ke

Fujian Institute of Geological Survey, Fuzhou 350013, China

Abstract: In order to further understand the geotectonic characteristics of the Binhai fault zone of the Taiwan Strait, geological, tectonic and geophysical data in the western Taiwan strait are collected and carefully studied. The results suggest that: (1) The geological features, in particular the linear pattern of the three key islands, the Niushan Island, the Brotherhood Island and the Nanpeng Islands, directly reflect the occurrence, nature, sectional distribution pattern and regional variation of the Binhai fault zone; (2) There are three major fault zones in the western Taiwan strait, of which F1, the Binhai fault zone, is a sag-controlling fault and the western boundary of a second-order sag on the Zhejiang-Fujian uplift, F2 a sag-controlling fault, and the eastern boundary of the sag mentioned above, and the F3 fault zone, a basin-controlling fault, the western boundary of the Taixi Basin. The three main fault zones and the normal faults inside the zones together constitute the Western Strait fault system, which controls the formation of the uplifts and sags in the western Taiwan Strait. (3) The Binhai fault zone and Western Strait fault system are cut into five segments by four NW-trending regional faults, i.e. the Pingtan offshore segment, the Quanzhou offshore segment, the Ziamen offshore segment, the Dongshan offshore segment and the Nanao offshore segment from north to south,. **Key words:** Binhai fault zone; geological structure; western strait fault system; Taiwan Strait

台湾海峡滨海断裂带是我国大陆东南沿海最 重要的一条大型活动断裂,历史上多次强震的震中 均位于该断裂带上。1973年全国第二代地震烈度 区划工作首次提出滨海断裂带的概念,四十余年 来,国内十多家单位在该区域开展相关调查工作, 众多专家学者也对断裂带的存在证据和断裂活动 性进行了诸多研究^[1-18]。目前较统一的认识是,滨海 断裂带位于台湾海峡西侧近海海域,沿 NNE-NE 方 向展布,东起福建平潭牛山岛东部海域,经东山县 兄弟屿外海延伸至广东南澳的南澎列岛附近,长度 超过 400 km,具体位置大致与近海海域 40 m 或 50 m 等深线一致;滨海断裂带由 3—5 条次级断裂斜列 组合而成^[12,14],同时被贯穿台湾海峡、衔接福建陆 域的 NW 向断裂带横向切割成 3-4 段^[5-7,9,12];滨海断 裂带是台湾海峡新生代浅海沉积物由薄至厚的转 折带^[9],控制着台湾海峡海底地貌发育和台西新生 代盆地的形成演化,属于台西盆地西部控盆断裂 带,也是东南沿海中生代岩浆带的东界^[12,16]。本次 工作系统收集了 30 多年来中科院南海海洋研究 所、广州海洋地质调查局和自然资源部第三海洋研

资助项目:福建省自然资源厅项目"台湾海峡活动断裂调查与研究"(闽海油气任 [2016]01);国家海洋地质保障工程(GZH201100301) 作者简介:邓克(1984—),男,工程师,从事台湾海峡地区油气地质和断裂构造研究, E-mal: 152319027@qq.com 收稿日期:2019-08-13; 改回日期:2019-11-15. 文凤英编辑

究所三家单位采集的 20 余条 NW 向中深层地震测 线资料或研究成果, 对横切滨海断裂带的重点地震 剖面进行构造解释和综合分析, 同时针对牛山岛、 兄弟屿、南澎列岛 3 个关键海岛的地质构造特征进 行实地调查, 在前人认识的基础上, 剖析了滨海断 裂带的地质构造属性、分段分布等特征, 厘定了滨 海断裂带的位置, 取得了一些新的认识。

1 区域地质构造背景

台湾海峡位于欧亚大陆东南缘,板块构造位置 上毗邻欧亚板块和菲律宾海板块的交汇处,属于大 陆向岛弧的过渡地带。中生代印支运动后,特提斯 构造域开始向古太平洋构造域转化,在中、晚侏罗 世之交,太平洋板块开始向欧亚大陆板块低角度俯 冲碰撞,东亚陆缘亦由稳定克拉通环境转变为活动 大陆边缘性质[16,18-22]。早白垩世时期,研究区主要 受 NE 向构造线为主的古太平洋构造域的控制^[21], 东南沿海则形成了北东向的平潭-东山大型左旋走 滑韧性剪切带[18,21]。早白垩世晚期,太平洋板块向 欧亚大陆板块的碰撞挤压作用减弱,逐渐转变为以 伸展拉张作用为主,形成大陆板块边缘的活动大陆 边缘裂陷系^[18]。晚白垩世以来,裂谷作用和拉伸作 用的继续加强,以滨海断裂带为典型的 NE 向断裂 (正断层)开始发育,形成一系列 NNE-NE 向展布的 断陷盆地(或凹陷)^[21-24]。距今约 6.5 Ma 的中新世晚 期台湾地区发生弧陆碰撞造山,台湾岛中央山脉以 西地区进入前陆盆地演化阶段,直至上新世和第四 纪[18, 21-22]

在中生代以来区域大地构造演化的大背景下, 台湾海峡至少发育有 10 条大型断裂带,主要有滨 海断裂带、平潭-东山构造带、南日岛-台中断裂带 (福建陆域称沙县-南日岛断裂带)^[5-7,9-10,25-27]、泉州-嘉义断裂带(福建陆域称永安-晋江断裂带)^[5-7,9-10,18,25-26]、 九龙江-鹅鸾鼻断裂带(福建陆域称九龙江断裂 带)^[5-7,8-10,28]、巴士断裂带(福建陆域称九龙江断裂 带)^[5-7,8-10,28]、巴士断裂带(福建陆域称上杭-云霄断 裂带)^[5-10,28]、澎湖北缘断裂带^[8,29-30]、宁德-三貂角断 裂带(福建陆域称松溪-宁德断裂带)^[4,18]、义竹断裂 带、屈尺-潮州断裂带等。这些断裂带或为盆地、凹 陷的边界,或为贯穿海峡的横向构造,整体上组成 了台湾海峡地区纵横交错的网络状构造格架(图 1)。

2 滨海断裂带的基本特征

目前,滨海断裂带存在的证据和位置厘定的主

要依据有3个方面。

(1)滨海断裂带最典型特征就是区域重力异常的典型分带分区,这也是长期以来划定滨海断裂带 位置的主要依据之一。区域上,滨海断裂带西侧布 格重力异常表现为近乎平行的 NE 向线性梯级带, 与福建海岸带方向大体一致,且向陆逐渐过渡为负 重力异常;东侧的台西盆地北部表现为向北西突出 的弧形梯级带,南部澎湖以南则呈现为向北突出的 弧形梯级带;在滨海断裂带附近表现为一系列 NE 向串珠状独立分布的较高重力正异常封闭圈^[4,9,18], 与两侧的重力异常差异非常明显(图 2)。

(2)滨海断裂带是海底地形典型的转折带。以 滨海断裂带为界,两侧海底地形差异明显。断裂带 西侧为地形复杂的大陆继承性海底地形,水下谷 地、洼地、岛群、岩礁密布,等深线大多呈 NE 向与 海岸线平行;断裂带东侧海底地形较单调,为地势 平坦的海洋盆地区或深水槽,深水槽沿 NE 方向延 伸^[4,9,12];而地形坡度急剧转折、发育水下陡坎的位 置即为滨海断裂带的位置。

(3)滨海断裂带是区域上地理地貌的分界^[9,12]。 以滨海断裂带为界,沿海地区与台湾海峡的地貌发 育截然不同,以西的福建沿海地区大小岛屿星罗棋 布,滨海断裂带东侧岛屿则突然消失,消失的地带 延伸方向与等深线展布方向大体一致,呈 NE 走向, 在滨海断裂带附近出露的岛屿,东坡多为断层陡 崖^[9,18]。

3 海岛地质与构造特征

平潭外海牛山岛、东山外海兄弟屿和南澳外海 南澎列岛是研究滨海断裂带的3个最关键地带(图1), 岛上的地表地质特征和构造形迹能最直观反映滨 海断裂带的构造特征。

3.1 牛山岛

牛山岛位于平潭东部外海海域,也是传统认知 的滨海断裂带的起始位置。本次调查研究表明,岛 上主要发育早白垩世黄坑组上段火山岩,岩性为灰 色安山质晶屑熔结凝灰岩。牛山岛整体走向约 NE20°,东部、东南端海岸发育倾角 70°以上的破裂 面陡崖地貌,沿 NE30°方向延伸的切割特征非常明 显。牛山岛上构造发育,主要形式为节理、裂隙、 陡崖破裂面和疑似断裂,均发育于火山岩内部,构 造方向以 NE向(20°~35°)和 NW向(290°~330°) 为主,线性构造的时代、次序虽然不清楚,但依据火



图 1 台湾海峡构造区划及区域断裂带位置[[6,25-26]]

①滨海断裂带;②平潭-东山构造带;③南日岛-台中断裂带;④泉州-嘉义断裂带;⑤九龙江-鹅銮鼻断裂带;⑥巴士断裂带;⑦澎湖北缘断裂带; ⑧宁德-三貂角断裂带;⑨义竹断裂带;⑩屈尺-潮州断裂带

Fig.1 Tectonic map showing the location of regional fault zones in Taiwan Strait

(DBinhai fault zone; (2)Pingtan-Dongshan structural zone; (3)Nanridao-Taizhong fault zone; (4)Quanzhou-Jiayi fault zone; (5)Jiulongjiang-Eluanbi fault zone;
 (6)Bashi fault zone; (7)North Penghu fault zone; (8)Ningde-Sandiaojiao fault zone; (9)Yizhu fault zone; (9)Yizhu fault zone;

山岩时代亦能反映出早白垩世晚期以后该区域以 NE向和NW 向构造为主的典型特征。

3.2 兄弟屿

东山外海兄弟屿位于东山岛东南外海海域,亦 为传统认知的滨海断裂带的南端,分兄屿(大柑山) 和弟屿(小柑山)。兄屿呈 NE 向分布,北西侧和东 南侧均发育破裂面陡崖地貌。调查研究表明,大柑 山主要发育早白垩世早期侵入岩,岩性为浅肉红色 中细粒二长花岗岩。基岩内部线性构造非常发育, 以裂隙、节理和陡崖破裂面为主,主要有三组: ①NE30°~NE60°方向,表现为兄屿北端附近的裂隙 (走向 NE55°,倾向 NW,倾角 80°),北西端的破裂面 陡崖(走向 NE50°,倾向 NW,倾角 85°),以及东南端 的裂隙和节理(走向 NE30°,倾向 SE,倾角 60°); ②NW310°~NW330°方向,主要表现为花岗岩中普 遍发育的破裂面、裂隙和节理;③近 EW 向构造方 向,主要表现在大柑山东北端花岗岩岩石中的多条 裂隙,宽度 3~10 cm,走向约 90°,近直立。线性构 造为多期次发育,依据野外大致的切割关系可判断 NE



图 2 台湾海峡区域布格重力异常图(据文献[4]修改) Fig.2 Bouguer gravity anomaly map of the Taiwan Strait (after reference [4])

向构造最老,其次为NW向,近EW向构造发育最晚。

3.3 南澎列岛

南澎列岛位于广东省汕头市南澳县东南外海 海域。野外调杳发现,南澎列岛之一的中澎岛四周 均为基岩海岸,主要发育早白垩世早期侵入岩,岩 性为靡棱岩化中细粒钾长花岗岩,局部含灰黑色基 性岩类捕掳体。花岗岩具较强的片理化,局部地区 已为变晶靡棱岩,片理走向总体一致为NE60°。片 理化花岗岩中发育大量 NE60°走向的裂隙和节理, 裂隙中见充填有早白垩世晚期斑状细粒闪长岩和 微晶闪长岩岩脉,脉宽十几厘米到几十厘米,岩脉 露头和镜下均未见变形,故 NE60°走向的微晶闪长 岩脉(LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年约 107 Ma)能反映 早白垩世末期以后该区域处于拉张的构造环境,且 晚于区域韧性剪切构造作用的时期——120±5 Ma^[18]。 大量的 NE 向裂隙、节理等线性构造也证实了该区 域滨海断裂带的存在,对其产状、性质的判断有十 分重要的指示意义。

这3个毗邻滨海断裂带海岛的地质和线性构造

特征,能最直接反映滨海断裂带在分布、分段和断裂属性特征方面的几个典型问题。其一,滨海断裂带附近 NE 向和 NW 向构造均较为发育,且 NW 向相对较晚,反映出地质历史上 NW 向构造后期更为活跃的典型特征。其二,从北到南不同位置 NE 向构造走向偏差较大,北部的平潭牛山岛 NE 向构造走向偏差较大,北部的平潭牛山岛 NE 向构造走向20°~35°,到东山兄弟屿附近构造走向已过渡至 NE30°~NE55°左右,再到最南部南彭列岛上的 NEE60°为主的线性构造,总体来看,从北到南,滨海断裂带具有分段性,不同的地段构造走向有较大的差别。其三,南澎列岛花岗岩的靡棱岩化中细粒正长花岗岩和变晶靡棱岩,均显示较强的动力变质作用,应属平潭-东山韧性剪切构造带的产物^[18],而 NE 走向线性构造的形成时间则相对要晚。

4 滨海断裂带的地质构造属性

4.1 地震剖面上的断层特征

从横向切割滨海断裂带的地震剖面上来看,该

区域发育的断层以 NE-NEE 向为主, 基本全为正断 层, 逆断层较少见, 局部亦见正断层兼具左旋走滑 断层性质。根据断层的地质构造特征, 可将断层分 两类: 控盆(凹)断层和反向断层。控盆断层一般规 模相对较大, 区域上有较大范围的延伸, 为正断层 性质, 同沉积特征明显, 倾向 SE 或者 NW, 倾角相 对较大, 一般 75°~85°, 在区域上控制了台西盆地 西部坳陷或浙闽隆起上次级凹陷的新生代沉积, 为 盆地或凹陷的边界断层。反向断层也称为伴生断 层, 相对控盆断层来说一般规模稍小, 主要是在控 盆断层持续发育的前提下发育, 起到调节控盆断层 因位移所造成的空间相容性的作用, 往往在控盆断 层的相反方向发育, 同沉积特征不明显(图 3)。

4.2 三条主干断裂带的划定

地震剖面构造解释结果显示,海峡西部地带发 育多条 NE-NNE 走向、断穿前新生代基底的大型断 层。根据断层的控盆、控凹、伴生性质及其代表的 地质属性,在台湾海峡中线以西地带可划分出3条 NE-NNE 走向的断裂带: F1、F2、F3(图3),3条断裂 带都由多条正断层斜列分布组成,断穿前新生代基 底,且延伸范围广,连续性强,在多条地震剖面上均 有显示且构造意义重大。

F1 断裂带:位于浙闽隆起上,正断层性质,倾向一般为SE,倾角较大,断穿地层深度一般在2000m以上,为浙闽隆起内部次级凹陷的西界控凹断裂带,往往由一条大型断层以及若干条性质一致的断层组成,带宽大致在1km左右,受同沉积作用影响

断裂在剖面上延伸较长,切割深度较大,在区域上 的南部、北部均有发育,但北部控凹性质更为明显。

F2 断裂带:位于 F1 的东侧的浙闽隆起上,正 断层性质,倾向一般为 NW,与 F1 相反,倾角大,规 模相对 F1 要小,断穿地层深度一般在 1000 m以 上,为浙闽隆起内部次级凹陷的东界控凹断裂带, 往往由一组性质基本一致的正断层并行排列组成, 断裂带宽约 1~3 km;具有一定的控凹同沉积断层 性质,但没有 F1 断裂带明显,规模亦比 F1 稍小,区 域上属于 F3 断裂带伴生的反向断层。

F3 断裂带:位于F2的东侧,倾向一般为NE, 局部为NW,倾角较陡,局部近直立,规模在三者中 最大,延伸长,断穿地层深度一般在3000m以上, 带宽大致为1~3km,往往由一条大型断层以及若 干条性质一致的断层组成。它是台西盆地与浙闽 隆起带的边界断裂,也是台西盆地西界控盆断裂, 同沉积作用明显,控盆期长。

至于 F3 东侧的边界主断裂(图 3),部分地震剖 面上亦有反映,为台西盆地西部坳陷东界控盆断裂 (前人称晋江凹陷东界主断裂和九龙江凹陷东界主 断裂^[4,23]),规模一般较 F1、F2 和 F3 断裂带更大。 但因其位于海峡中线以东,地震剖面的证据相对偏 少,本次不作重点研究。

4.3 滨海断裂带与海峡西部断裂系

金庆焕等^[4]、陈园田^[7]、丁祥焕等^[9]、黄昭等^[12] 曾依据地震剖面解释结果划定滨海断裂带的位置, 认为滨海断裂带是台西盆地的控盆断裂。本次综



图 3 台湾海峡 A-A'剖面地震反射特征及断裂带划分 (A-A'剖面位置见图 1,资料来源于广州海洋地质调查局)



合研究认为,台湾海峡西部地带的多条 NE-NNE 走 向的断裂,应同属于一个整体 NE-NNE 走向、范围 跨度极大、主要由正断层组成的大型伸展断裂系 统,宽度范围达几千米至几十千米。对于这样一个 大型伸展断裂系统,不能简单以传统"滨海断裂带" 的概念来定义和解释,应将 F1 断裂带、F2 断裂带、 F3 断裂带及其内部分布的诸多小规模正断层整体 统筹考虑,称为"海峡西部断裂系"。海峡西部断裂 系在早白垩世晚期以来的区域伸展构造背景下,控 制了该区域的隆、坳格局,是在同一构造应力场中 伴随着台西盆地发育的全过程而逐步形成的。从 海峡西部断裂系及其3条断裂带的划定来看,F3断 裂带为断裂系的主干断裂带, F1 断裂带毗邻牛山 岛、兄弟屿和南澎列岛,与传统划定的滨海断裂带 的位置最为接近,其地质构造属性为浙闽隆起带内 部的控凹断裂带(图3)。

5 海峡西部断裂系的分段分布特征

根据 NW 向地震剖面上的断裂特征和主干断 裂带的划定,结合 3 个海岛反映的滨海断裂带分段 分布、走向与产状的变化等特征认识,以及区域大 型断裂带的网络状构造格架背景,统筹考虑前人的 成果与认识^[7,9,12],厘定了海峡西部断裂系的位置并 研究了其分段分布特征。研究认为,自北向南海峡 西部断裂系被 4 条 NW 向区域大型走滑断裂左行 切割呈 5 段分布:平潭外海段、泉州外海段、厦门外 海段、东山外海段和南澳外海段,各段的断裂走 向、分布、产状性质、延伸长度等特征各有不同。 同时,受澎湖北缘断裂带左行切割作用的影响,海 峡西部断裂系在泉州和厦门外海一带被错断的十 分复杂,但整体上保持了海峡西部断裂系 3 条断裂 带近乎并行排列的分布特征(图 4)。

平潭外海段:位于平潭外海到莆田南日岛外海,3条断裂带均被南日岛-台中断裂带北西段左行错断。其中,F1断裂带 NE35°~NE45°走向,主倾向 SE,倾角 50°~78°,北端倾角大,往南倾角有减小的趋势,主要沿莆田凹陷西界分布;F2 断裂带走向大致为 NE53°,主倾向 NW,主要沿莆田凹陷东界展布;F3 断裂带走向大致 NE55°,主倾向 SE,主要沿晋江凹陷东界分布。

泉州外海段:位于莆田南日岛至泉州的外海, 夹持于 NW 向南日岛-台中断裂带北西段和泉州-嘉 义断裂带北西段中间。其中, F1 断裂带走向由北部 的 NE60°~70°渐变为 NE40°,在莆田崇武外海明显 弯曲转向,倾向一般为 SE,倾角 65°左右,主要沿崇 武凹陷西界分布; F2 断裂带 NE60°走向,主倾向 NW,倾角 62°~78°,沿崇武凹陷东界分布; F3 断裂 带为 NE60°走向,主倾向 SE,倾角 70°~85°,主要沿 晋江凹陷东界分布。

厦门外海段:位于石狮-金门岛-龙海港尾的外海,夹持于 NW 向泉州-嘉义断裂带北西段和九龙江-鹅銮鼻断裂带北西段中间。其中 F1 断裂带为 NE58°走向,倾向 SE,倾角 65°左右; F2 断裂带为 NE60°走向,推测倾向 NW,倾角较陡; F3 断裂带为 NE60°走向,倾向 SE,倾角 80°左右。

东山外海段:位于漳浦至东山的外海,夹持于 NW向九龙江-鹅銮鼻断裂带北西段和巴士断裂带 北西段的中间,西南端应位于兄弟屿附近。其中, F1断裂带走向为 NE60°左右,倾向 SE,倾角 60°左 右; F2 断裂带为 NE60°走向,倾向 NW 或 SE,倾角 80°~85°; F3 断裂带为 NE60°走向,倾向 SE,倾角 85°左右。

南澳外海段:位于 NW 向巴士断裂带以南的近海海域,根据海峡西部断裂系整体的延伸方向以及 平潭-东山构造带的展布,推测应位于广东南澳南澎 列岛外海。结合南澎列岛地质及线性构造特征,认 为断裂带的走向应为 NE60°,倾向 SE,倾角在 60° 以上。

6 成因机制

综合研究认为,滨海断裂带和海峡西部断裂系 是早白垩世晚期以来东南沿海活动大陆边缘裂陷 系伸展构造背景下形成的,它们的形成机制与台西 盆地的沉积发育过程密切相关。前人的研究[16,18,21] 表明,平潭-东山构造带最终形成于早白垩世早期 (约120±5 Ma),这一时期,受太平洋板块向欧亚大 陆板块的俯冲作用影响,台湾海峡及福建沿海地带 主要处于挤压构造环境;而从早白垩世晚期开始, 太平洋板块向欧亚大陆板块的碰撞挤压作用减弱, 逐渐转变为以伸展拉张作用为主,形成东南沿海活 动大陆边缘裂陷系(高天钧等,2004)。活动大陆边 缘裂陷系自早白垩世晚期一直持续到晚白垩世晚 期(约110~70 Ma)^[18],这一时期,随着裂谷作用和 拉伸作用的继续加强,在欧亚大陆的东南缘形成一 系列 NNE-NE 走向的正断层, 即为海峡西部断裂系 的雏形,南澎列岛上发育的 NEE60°方向的早白垩 世晚期微晶闪长岩脉(年龄约107 Ma)亦能对这一 认识给予佐证。



图 4 台湾海峡西部地区断裂带分布图

①海峡西部断裂系(3条断裂带:F1、F2、F3,其中F1为滨海断裂带);②平潭-东山构造带(3条主要断裂带);③南日岛-台中断裂带北西段;
 ④泉州-嘉义断裂带北西段;⑤九龙江-鹅銮鼻断裂带北西段;⑥巴士断裂带北西段;⑦澎湖北缘断裂带;F1-1、F2-1、F3-1:平潭外海段;F1-2、F2-2、F3-2:泉州外海段;F1-3、F2-3、F3-3:厦门外海段;F1-4、F2-4、F3-4:东山外海段;F1-5、F2-5、F3-5:南澳外海段

Fig.4 Distribution map of fault zones in western Taiwan Strait

Western Strait Fault System(Three fault zones: F1, F2, F3. F1 is the Binhai fault zone); Pingtan-Dongshan structural zone(Three main fault zones);
Northwestern section of Nanridao-Taizhong fault zone; Morthwestern section of Quanzhou-Jiayi fault zone; Northwestern section of Jiulongjiang-Eluanbi fault zone; Northwestern section of Bashi fault zone; North Penghu fault zone; F1-1, F2-1, F3-1: The Pingtan offshore segment; F1-2, F2-2, F3-2: The Quanzhou offshore segment; F1-3, F2-3, F3-3: The Xiamen offshore segment; F1-4, F2-4, F3-4: The Dongshan offshore segment; F1-5, F2-5, F3-5: The Nanao offshore segment

目前,在台西盆地西部坳陷还未钻遇中生代地 层,关于西部坳陷是否存在中生界尚需进一步的调 查和研究。从目前地震剖面的解释结果来看(图 3), 古新世—渐新世是海峡西部断裂系和滨海断裂带 的强活动时期,形成了台西盆地西部坳陷古新统 —渐新统的沉积主体,这一时期断层的控盆作用和 同沉积特征较为明显;中新世时期断裂活动开始减 弱,断裂带的西部开始稳定而东部仍相对较强,构 造活动呈现西弱东强的现象;上新世和第四纪时期 断裂活动明显变弱,构造相对趋于稳定。

7 结论

(1)牛山岛、兄弟屿和南澎列岛位于滨海断裂

带的西侧边缘位置,3个海岛上NE向构造可能属 于滨海断裂带乃至海峡西部断裂系形成演化时期 在其西侧浙闽隆起上形成的一系列伴生的线性构 造,它们的产状、性质及变化特征对于滨海断裂带 的地质构造特征具有指示意义。

(2)滨海断裂带的地质构造属性为浙闽隆起上 隆中凹陷的控凹断裂,尤其在泉州外海以北至平潭 外海海域,控凹断裂的特征最为明显。在泉州外海 以南区域,因地震资料较少,滨海断裂带的控凹属 性还需要进一步的研究。

(3)海峡西部断裂系为区域上控制隆、坳格局的大型伸展断裂系统,主要由F1、F2和F3三条基本并行排列的主干断裂带组成:其中F1断裂带为 滨海断裂带。断裂系北段的3条主干断裂带的产 状、性质较为明确,但泉州外海以南测线资料相对 较少,控制和研究程度尚低。

(4)海峡西部断裂系被4条 NW 向区域大型走 滑断裂左行切割为平潭外海段、泉州外海段、厦门 外海段、东山外海段和南澳外海段共5段。在泉州 和厦门外海一带,受近 EW 向澎湖北缘断裂带左行 切割作用,海峡西部断裂系被错断的更为零散,但 整体上保持了海峡西部断裂系3条主干断裂带近 乎并行排列的分布特征。

本文对滨海断裂带和海峡西部断裂系的地质 构造特征和分段分布特征进行了研究和探讨,但对 于区域地质构造而言,还存在不少需要深入研究和 讨论的问题,例如断裂带和断裂系统的具体形成时 代、不同期次 NW 向构造的切割机制等等,需要今 后开展进一步工作。

参考文献 (References)

- [1] 陈洪禄. 福建沿海地区断裂近期活动性与地震[J]. 华南地震, 1984, 4(2): 37-41. [CHEN Honglu. Earthquakes and recent activity of faults in coastal area of Fujian Province [J]. South China Journal of Seismology, 1984, 4(2): 37-41.]
- [2] 刘以宣. 华南沿海的活动断裂[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1985, 5(3): 11-21. [LIU Yixuan. The active Fractures in South China Coast [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1985, 5(3): 11-21.]
- [3] 刘以宣. 南澳断裂带与滨海断裂带的基本特征及其活动性探讨[J].
 华南地震, 1986, 6(3): 1-8. [LIU Yixuan. Discussion of basic characteristics and activity in Nanao Fault zone & Binhai Fault zone [J]. South China Journal of Seismology, 1986, 6(3): 1-8.]
- [4] 金庆焕,高天钧,周昌范,等.台湾海峡中、新生代地质构造及油气 地质[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1993: 1-223. [JIN Qinghuan, GAO Tianjun, ZHOU Changfan, et al. The Tectonics and Petroleum Geology of Taiwan Strait Region in Mesozoic- cenozoic [M]. Fuzhou: Fujian Science Publishing Press, 1993: 1-223.]
- [5] 谢志平,陈园田. 台湾海峡地震与地质构造、地壳运动的关系[J]. 台湾海峡, 1995, 14(4): 338-347. [XIE Zhiping, CHEN Yuantian. Earthquakes in Taiwan Strait and its relationship to geological structure and crustal movement [J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1995, 14(4): 338-347.]
- [6] 陈园田,谢志平.台湾海峡的活动断裂与地震活动[J].华南地震, 1996,16(1):57-62.[CHEN Yuantian, XIE Zhiping. Active faults and earthquakes in Taiwan strait [J]. South China Journal of Seismology, 1996, 16(1):57-62.]
- [7] 陈园田,谢志平. 福建滨海牛山岛-兄弟屿断裂活动性与地震[J]. 西 北地震学报, 1997, 19(2): 34-40. [CHEN Yuantian, XIE Zhiping. Earthquakes and activity of the Niushan island Brother islets fault in littoral area of Fujian province [J]. Northwestern Seismological Journal, 1997, 19(2): 34-40.]

- [8] 任镇寰, 钟贻军, 罗振暖. 1994年9月16日台湾浅滩7.3级地震发震构造的讨论[J]. 地壳形变与地震, 1998, 18 (4): 38-47. [REN Zhenhuan, ZHONG Yijun, LUO Zhennuan. Discussion on causative fault for the earthquake of M7.3 in the Taiwan shallow on Sep.16, 1994 [J]. Crustal Deformation and Earthquake, 1998, 18 (4): 38-47.]
- [9] 丁祥焕. 福建东南沿海活动断裂与地震[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1999: 1-223. [DING Xianghuan. Active Faults and Earthquakes of the Southeast coast in Fujian Province[M]. Fuzhou: Fujian Science Publishing Press, 1999: 1-223.]
- [10] 陈园田, 王志鹏, 谢志招, 等. 台湾海峡及两岸发震断裂的对比研究 [J]. 地壳形变与地震, 2001, 21(4): 67-75. [CHEN Yuantian, WANG Zhipeng, XIE Zhizhao, et al. Contrastive research on the seismic fault in Taiwan strait and both its coasts [J]. Crustal Deformation and Earthquake, 2001, 21(4): 67-75.]
- [11] 中国地震局地球物理研究所防灾减灾工程技术研究院. 福建核电后 续厂址(前薛、万安)地震初步调查及安全性评价工作报告[R]. 北 京:中国地震局地球物理研究所, 2004: 1-189. [Institute of Geophysics, China Earthquake Administration. Preliminary investigation and safety assessment report on earthquake of the Fujian Nuclear Power Plantfollow-up sites(Qianxue and Wanan)[R]. Beijing: Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, 2004: 1-189.]
- [12] 黄昭, 王善雄. 台湾海峡滨海断裂带的构造特征与活动性[J]. 大地 测量与地球动力学, 2006, 26(3): 16-22. [HUANG Zhao, WANG Shanxiong. Tectonic features and activity of Binhai fault zone in Taiwan Strait [J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2006, 26(3): 16-22.]
- [13] 徐杰, 张进, 周本刚, 等. 关于南海北部滨海断裂带的研究[J]. 华南 地震, 2006, 26 (4): 8-13. [XU Jie, ZHANG Jin, ZHOU Bengang, et al. A study on the Binhai fault zone in the northern South China Sea [J]. South China Journal of Seismology, 2006, 26 (4): 8-13.]
- [14] 朱嘉, 蔡锋, 许江, 等. 闽东滨海断裂带活动特征研究[J]. 台湾海峡, 2008, 27(3): 393-402. [ZHU Jia, CAI Feng, XU Jiang, et al. Active characters of offset structure in east Fujian coast area [J]. Journal of oceanography in Taiwan Strait, 2008, 27(3): 393-402.]
- [15] 李斌, 王舒畋, 杨文达, 等. 平潭岛外~乌丘屿段滨海断裂活动性分析[J]. 上海地质, 2008 (4): 30-33. [LI Bin, WANG Shutian, YANG Wenda, et al. Activity of the Binhai fault zone between the Pingtan island and the Wuqiu island [J]. Shanghai Geology, 2008 (4): 30-33.]
- [16] 石建基,张守志.长乐-南澳断裂带中生代活动特征及大地构造属性 [J].吉林大学学报:地球科学版,2010,40(6):1333-1343.[SHI Jianji, ZHANG Shouzhi. Characters of the Mesozoic tectonic activity and geotectonic setting of the Changle-Nan'ao Fault Zone [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2010, 40(6):1333-1343.]
- [17] 王韶稳, 詹文欢, 张帆, 等. 1994年9月16日台湾海峡7.3级地震静态 库仑应力变化及断裂危险性初步研究[J]. 中国地震, 2011, 27 (4): 419-430. [WANG Shaowen, ZHAN Wenhuan, ZHANG Fan, et al. The coulomb stress change associated with the Taiwan Strait MS7.3 earthquake on Sep. 16, 1994 and the risk prediction of its surrounding faults [J]. Earthquake Research in China, 2011, 27 (4): 419-430.]
- [18] 福建省地质调查研究院. 中国区域地质志•福建志[M]. 北京: 地质 出版社, 2016: 1-976. [Fujian Institute of Geological Survey. Regional

Geology Chronicles of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2016: 1-976.]

- [19] Minato M, Hunahashi M. Crustal structure of the Japanese islands, Japan Sea, coastal part of western Pacific and Phillippine Sea [J].
 Bulletin of the Japan Sea Research Institute, Kanazawa University, 1985 (17): 13-42.
- [20] Charvet J, Faure M, Caridroit M, et al. Some tectonic and tectogenetic aspects of SW Japan: an alpine-type orogen in an island-arc position [M]//Nasu N, Kobayashi K, Uyeda S, et al. Formation of Active Ocean Margin. Tokyo: Terra Scientific Publishing Company, 1985: 791-817.
- [21] 舒良树. 华南构造演化的基本特征[J]. 地质通报, 2012, 31(7): 1035-1053. [SHU Liangshu. An analysis of principal features of tectonic evolution in South China Block [J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31 (7): 1035-1053.]
- [22] 杨长清,杨传胜,李刚,等.东海陆架盆地南部中生代构造演化与原型盆地性质[J].海洋地质与第四纪地质,2012,32(3):105-111.
 [YANG Changqing, YANG Chuansheng, LI Gang, et al. Mesozoic tectonic evolution and prototype basin characters in the southern East China Sea shelf basin [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2012, 32(3):105-111.]
- [23] 刘振湖, 王英民, 王海荣. 台湾海峡盆地的地质构造特征及演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2006, 26(5): 69-75. [LIU Zhenhu, WANG Yingmin, WANG Hairong. Characteristics and evolutions of geologic structures in the Taiwan strait basin [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2006, 26(5): 69-75.]
- [24] 姚伯初,周昌范. 台湾海峡地区新生代的构造演化[J]. 海洋地质与 第四纪地质, 1992, 12(4): 1-10. [YAO Bochu, ZHOU Changfan. Cenozoic tectonic evolution of the Taiwan strait region [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1992, 12(4): 1-10.]
- [25] 马宗晋, 王乾盈, 徐杰, 等. 台湾海峡两岸横向构造的对比研究[J].

中国科学(D辑), 2002, 45 (12): 1114-1126. [MA Zongjin, WANG Chienying, XU Jie, et al. Study on the transverse structures across Taiwan Strait [J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2002, 45 (12): 1114-1126.]

- [26] 沈金瑞,许世远,傅文杰.台湾海峡地区横向构造及其对东南沿海地 震的作用[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 32(4): 535-541. [SHEN Jinrui, XU Shiyuan, FU Wenjie. Transverse structure of Taiwan strait area and its effect on the earthquakes of Southeast coastal regions [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2009, 32(4): 535-541.]
- [27] 王洪涛,郑师春. 福建第四纪活断裂岩石显微构造特征与孕震标志研究[J]. 华南地震, 2011, 31 (2): 1-13. [WANG Hongtao, ZHENG Shichun. Microstructural characteristics of quaternary active faults in Fujian and its earthquake pregnant sign [J]. South China Journal of Seismology, 2011, 31 (2): 1-13.]
- [28] 丁原章,梁劳.巴士系构造的地震危险性[J].华南地震,1992, 12(2):1-14. [DING Yuanzhang, LIANG Lao. Earthquake risk in the Structure of Bashi system [J]. South China Journal of Seismology, 1992, 12(2):1-14.]
- [29] 钱星,张莉,徐立明,等.台湾海峡盆地九龙江凹陷火成岩发育特征 及其油气地质意义[J].海洋地质与第四纪地质,2015,35(5):111-116. [QIAN Xing, ZHANG Li, XU Liming, et al. Igneous rocks in Jiulongjiang sag of Taiwan strait basin and implications for petroleum geology [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2015, 35(5): 111-116.]
- [30] 韦振权,张莉,帅庆伟,等.平衡剖面技术在台湾海峡盆地西部构造 演化研究中的应用[J].海洋地质与第四纪地质,2018,38(5):193-201. [WEI Zhenquan, ZHANG Li, SHUAI Qingwei, et al. Application of balanced cross section technique to the study of tectonic evolution of western Taiwan strait basin [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2018, 38(5):193-201.]