

# 中国南海不同板块边缘沉积盆地构造特征

李文勇<sup>1,2,3</sup>, 李东旭<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2. 中国地质大学 岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室, 北京 100083; 3. 国土资源部 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760)

**摘要:** 基于科学考察区域联测剖面资料, 结合南海大地构造背景研究, 对南海主要的新生代沉积盆地的构造特征进行了对比分析。研究表明, 区域联测剖面穿越的沉积盆地的构造特征具有显著的差异, 具体表现在大地构造背景、重磁场特征、盆地基底、断裂性质、构造线方向以及火成岩发育等方面。南海断裂的发育与盆地形成具有密切的关系, 南海北部主要表现为 NE 向张性断裂控制的沉积盆地; 西部主要表现为 NW 向和近 SN 向走滑断裂控制的沉积盆地; 南部比较复杂, 张性、压性、剪性断裂都有发育, 但以 NE 向的南沙海槽逆冲断裂及其控制的南沙海槽盆地最具代表性; 东部主要指南海中央海盆, 断裂和海底火山共同控制了该区上新世—第四纪沉积。

**关键词:** 中国南海; 板块边缘性质; 沉积盆地; 构造特征

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-8527(2006)01-0019-11

## Tectonic Characteristics on the Sedimentary Basins with Different Plate Margins in the South China Sea

LI Wen-yong<sup>1,2,3</sup>, LI Dong-xu<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Key Laboratory of Lithosphere Tectonics and Lithoprobe Technology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. Guangzhou Marine Geological Survey, Ministry of Land and Resources, Guangzhou, Guangdong 510760, China)

**Abstract:** This paper makes a comparative analysis on the structural characteristics of the main Cenozoic sedimentary basins of the South China Sea, based on the regional jointed survey data and combined with geotectonic setting research. The study shows the structural features of the sedimentary basins crossed by the regional tieline are very different, and the disparities are concretely displayed in such aspects as geotectonic setting, gravity and magnetic field, basin basement, fault property, tectonic line trend and igneous rock, etc.. There are close relations between fault development and basin formation of the South China Sea. The northern South China Sea mainly displays N-E direction tension fractures and sedimentary basins under the control of the fractures; the western South China Sea mainly develops N-W direction and near S-N direction strike-slip faults and sedimentary basins under the control of the faults; the southern South China Sea is rather complicated, where tension, compression and shear faults exist but the N-E direction Nansha trough thrust fault and the Nansha Trough basin under the control of the thrust are the most representative; the eastern South China Sea refers to the central sea basin of the South China Sea here, in which fractures and submarine volcanoes control the Pliocene-Quaternary deposit.

**Key words:** the South China Sea; nature of plate margin; sedimentary basin; structural characteristic

南海是西太平洋最大的边缘海, 也是中国重要的边缘海之一。南海分布着一系列新生代沉积盆地, 拥有丰富的油气资源。多年来, 中国相继在南海周边的陆架、陆坡区进行了大量勘探和研究, 并取得了一系列新认识<sup>[1-8]</sup>。本文基于科学考察区域联测剖面资料综合相关的地质资料对南海区域构造演化进行了研究, 发现南海中主要沉积盆地构造特征有明显的差异, 这种差异主要是

由于毗邻板块边缘的动力作用不同。并对不同部位盆地的地质地球物理特征进行了分析对比,探讨了不同性质断裂对盆地形成的控制作用。

## 1 区域构造演化及板块边缘性质

南海地区在大地构造上位于欧亚板块、印度—澳大利亚板块和菲律宾海(太平洋)板块的交接部位(图1),因此,其大地构造演化主要受控于三大板块的相对运动与相互作用<sup>[9-14]</sup>。南海地区是由欧亚大陆分离出一些亚板块和从冈瓦纳大陆向北漂移的一些亚板块经过多次碰撞、拼接而形成的复杂地区<sup>[15]</sup>。由于所处构造位置的特殊性、地质发展历史上的长期性和多旋回性、地质构造

的复杂性、空间上的变异性、新生代沉积的差异性以及构造岩浆热事件的多期多样性等,造成了该区良好的成油气条件,形成了多套生、储、盖组合。这里有古老地块缝合线断裂带、地块滑动断裂带以及地块内部的断裂带。

新生代前,南海属于欧亚板块的一部分<sup>[16]</sup>,其主体位于华南亚板块上,东临菲律宾海板块和东南亚板块,西、南部隔印支、缅甸亚板块与印度—澳大利亚板块相接。构造演化的主要特点是陆块的拼合、增生及其在邻近板块的俯冲作用下的碎裂和重新组合。新生代前的构造运动主要表现在华南亚板块、印支亚板块和缅甸亚板块上。中沙—西沙和南沙海域的磁异常背景场相似以及

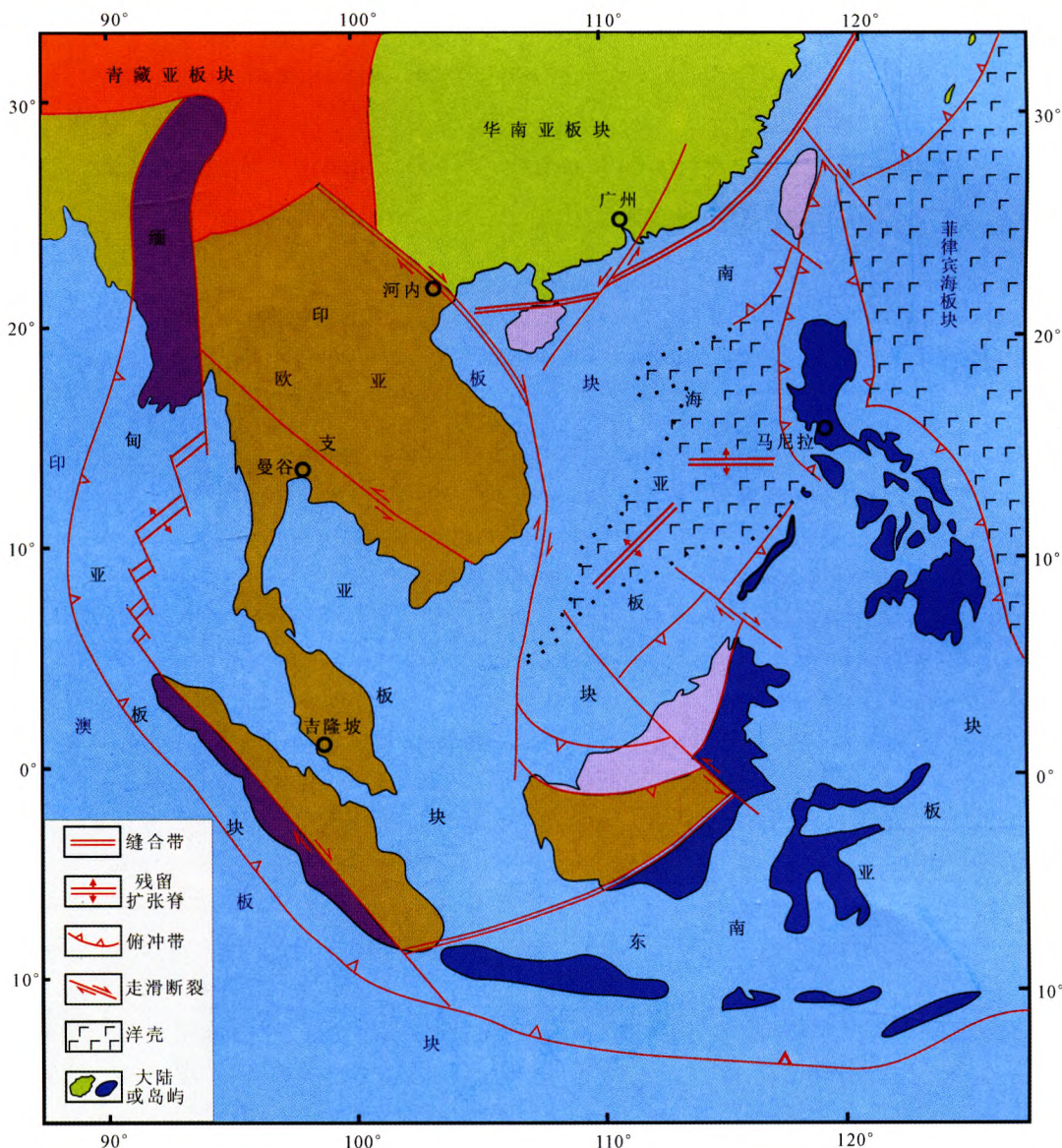


图1 南海及其周缘大地构造图

Fig. 1 Geotectonic map of the South China Sea and its periphery

西永1井等钻遇前寒武纪的混合花岗片麻岩可与越南中部昆嵩克拉通出露的中—深变质基底对比,说明它们统属印支亚板块的组成部分;海南岛晚古生代的沉积建造可与越北的“长山地槽”对比,推测应属古特提斯的一部分。晚三叠世的印支运动使漂浮在古特提斯海中的印支、缅甸等块体向北与华南亚板块拼贴而构成统一的呈倒三角形的东南亚大陆边缘,标志着古特提斯海的最终关闭。侏罗纪—白垩纪早期,在太平洋板块向北驱动下,库拉板块俯冲消失于东亚大陆的东南侧,导致亚洲大陆的抬升,东亚边缘由被动边缘转化为安第斯型活动大陆边缘,并形成宏伟壮观的东亚构造—岩浆火山岩带;当时的古南海位于澎湖—纳土纳岛一线以东。晚白垩世—第三纪早期,由于太平洋板块向北运动速率的降低,东亚陆缘由挤压转变为拉张的构造环境,形成著名的东亚陆缘张裂带,并堆积了一系列陆相杂色碎屑沉积。与此同时,印度—澳大利亚板块先后背离南极大陆向北漂移,在它们的推动下西婆罗洲地块产生约 $50^{\circ}$ 的逆时针旋转,致使部分古南海洋壳被动地向南斜向消减于西婆罗洲地块之下,其遗迹即为今加里曼丹岛卢帕尔断裂北侧的卢博安图混杂岩带和锡布复理石褶皱带。

新生代时期,与全球板块构造运动相协调,南海地区发生过4次构造运动,形成现今的南海面貌。第一次构造运动称为神狐运动,如前所述,发生于晚白垩世至古新世早期,主要是NW—SE至NWW—SEE向的拉张,形成NE—NNE向的断裂,产生NE—NNE向的地堑或半地堑,新生代盆地开始形成。第二次构造运动称为南海运动,发生于晚始新世至早渐新世,正值全球板块构造格局重新调整的时期,印度—澳大利亚板块与欧亚板块开始碰撞,太平洋板块运动方向发生变化,在东南亚主要表现为NNW—SSE至近S—N向的伸展,产生一系列NEE—EW向断裂,并在南海西部发生第一次海底扩张。以南海西缘断裂为代表的印支亚板块边缘的走滑活动开始于这一时期<sup>[9]</sup>。第一次海底扩张的中心在西南海盆,西南海盆呈现的NE向磁异常条带说明扩张轴呈NE向;其中轴带为一NE向高值重力负异常带以及地震资料证实为一大套沉积物充填的裂陷带,表明本次海底扩张是由裂陷诱导地幔物质上升引起。但由于地幔物质被动上升潜力不足而半途夭折并成为“死谷”。因此,此次扩张可视为澳大利亚—印度板块与欧亚板块碰撞的先期效

应,是一次缺乏地幔活动支撑能力的被动微型扩张事件。扩张的结果是使曾母地块向南推挤,并与西婆罗洲地块发生愈合。第三次构造运动发生于晚渐新世—中新世,南海发生第二次海底扩展,并形成南海中央海盆。这次构造运动是由区域板块运动引起的;中央海盆近EW向的磁异常条带,说明这次运动属于南北向扩张;中央海盆中脊呈现的玄武质海山链以及伴随的区域性玄武岩喷发活动和仍保留的发散型高阶地幔流场等,表明此次扩张是地幔物质主动剧烈上涌引起的,与澳大利亚—印度板块的向北俯冲挤压密切相关,与第一次海底扩张形成鲜明的对比。扩张的结果是使礼乐、郑和等陆块从华南亚板块上分裂出来,并向南推移,在沙巴—南巴拉望一带发生岛弧和被动陆缘的碰撞。第四次构造运动发生于中新世末,由走滑断裂引起,在南海北部称为东沙运动,在南海西部称为万安运动,这次构造运动使区域构造应力场由张扭转为压扭,盆地隆升遭受剥蚀,形成花状断裂、褶皱等构造。

由于板块间相互作用的方式不同,因而决定了南海四周具有不同的边缘性质:北缘为华南亚板块的延伸部分,发育一系列阶梯状拆离断层和不同规模的隆、坳构造带,属拉张型边缘;南缘北侧是与南海北缘相似的被动边缘,与今南海的扩张有关,主要表现为拉张构造形态,南缘南侧是碰撞边缘,与古南海的消亡有关,发育一系列自南向北逆掩的叠瓦状构造,属挤压型边缘;西缘沿印支陆块东侧延伸,具强烈的走滑活动性,属剪切—拉张型边缘;东缘发育沟、弧、盆组合以及典型的蛇绿岩套,是典型的沟—弧构造体系,属洋壳向陆壳俯冲挤压消亡型边缘。

## 2 沉积盆地构造特征的对比

南海所处的特殊大地构造位置以及复杂的板块演化与多旋回发展,决定了南海具有丰富多彩的地质构造特征。依据科学考察区域联测线资料及以往区段勘测研究成果,南海周边新生代盆地的褶皱构造与断裂构造具有明显的差异:就新生代地层而言,构造变动总体表现在古近系和新近系下部,新近系上部和第四系表现比较微弱;按照构造线展布方向,大致可划分为4组,即NE向、NW向、近EW向和近SN向;按照断裂的力学性质,可划分为拉张性断裂、挤压性断裂、剪切性断裂以及张剪性断裂、压剪性断裂;按照断裂规模,岩石圈断裂、地壳断裂、基底断裂和盖

层断裂均有发育;按照构造的剖面组合形式,可见地堑式、地垒式、簸箕式、阶梯式、花状构造等;按照构造形成与沉积作用的时间关系,可划分为同沉积构造和沉积期后构造。一定形式的构造特点必然是在特定的区域构造背景下形成的,南海周边不同的边缘性质,决定了南海北部、西部、南部和东部具有不同的盆地分布特点和构造特征(图2和图3)。

## 2.1 北部盆地

南海北部盆地包括陆架陆坡区的珠江口盆地、

琼东南盆地、台西南盆地。其构造特征如下:

(1) 重磁资料解释显示,北部区属于减薄的过渡型地壳,自北向南、自西向东,地壳厚度逐渐减薄。西部琼东南盆地地壳厚度达22 km,到东部的台西南盆地减薄为16 km;珠江口盆地北部地壳厚度24 km,南部地壳厚度16~18 km。

(2) 新生界具有明显的双构造层特点,古近系与新近系、第四系的构造特征迥然有别。下构造层(古近系)断层发育,地层褶皱变形形成一系列地堑、半地堑或箕状拗陷;上构造层(新近

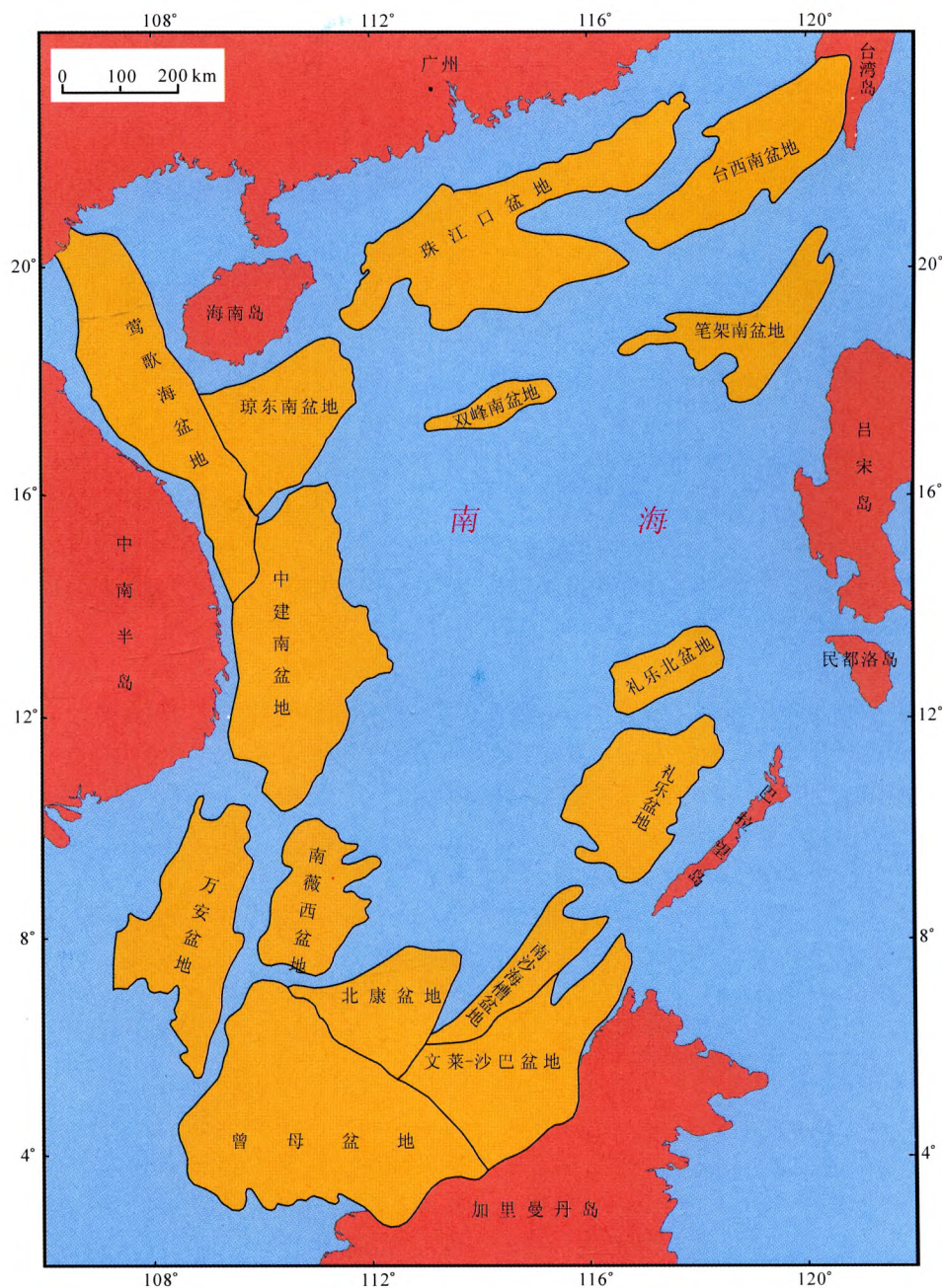


图2 南海主要沉积盆地分布图

Fig. 2 Distribution of the main sedimentary basins of the South China Sea

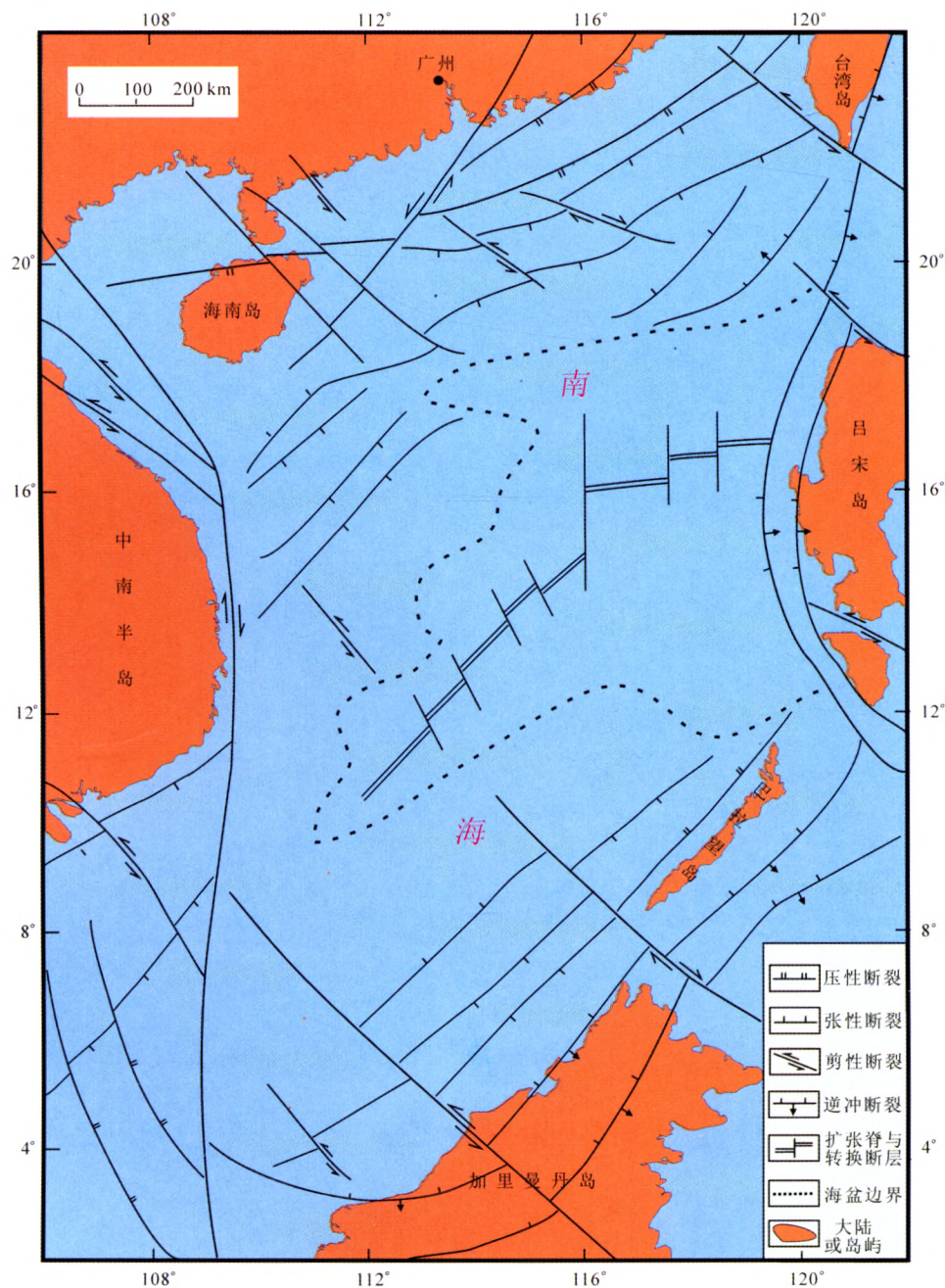


图3 南海主要断裂分布图

Fig. 3 Distribution of the main faults of the South China Sea

系和第四系) 断层稀少, 构造平静。自西向东, 下构造层逐渐减薄, 上构造层逐渐增厚。

(3) 南北分带、东西分块是南海北部的主要构造特征之一。无论是整个南海北部区域, 还是单个盆地, 这种南北分带、东西分块的特征均有明显表现。区域上, 自北向南, 隆起区与盆地相间分布, 近 EW 向延展, 分别是粤桂隆起区—万山隆起区、北部湾盆地—珠江口盆地、海南隆起区—神狐—统暗沙隆起区、琼东南盆地—西沙海槽盆地—双峰盆地—笔架盆地、西沙—中沙隆

起区; 盆地内部自北向南, 隆、坳相间分布并呈 NEE 向带状延伸, 如珠江口盆地的珠一坳陷—珠二坳陷、番禺隆起、珠三坳陷, 琼东南盆地的北部坳陷、中部隆起、中央坳陷、南部断坳。

(4) 不同级别的断裂构造均有发育。重磁资料显示, 在珠江口盆地珠二坳陷的西侧, 有一条 NE 向的岩石圈断裂或地壳断裂, 推测可能是一条古缝合线; 断裂两侧磁异常特征明显不同, 属于不同的磁异常分区, 东部属于局部异常发育的负磁场区, 前新生界基底是夹有酸性火成岩的中生

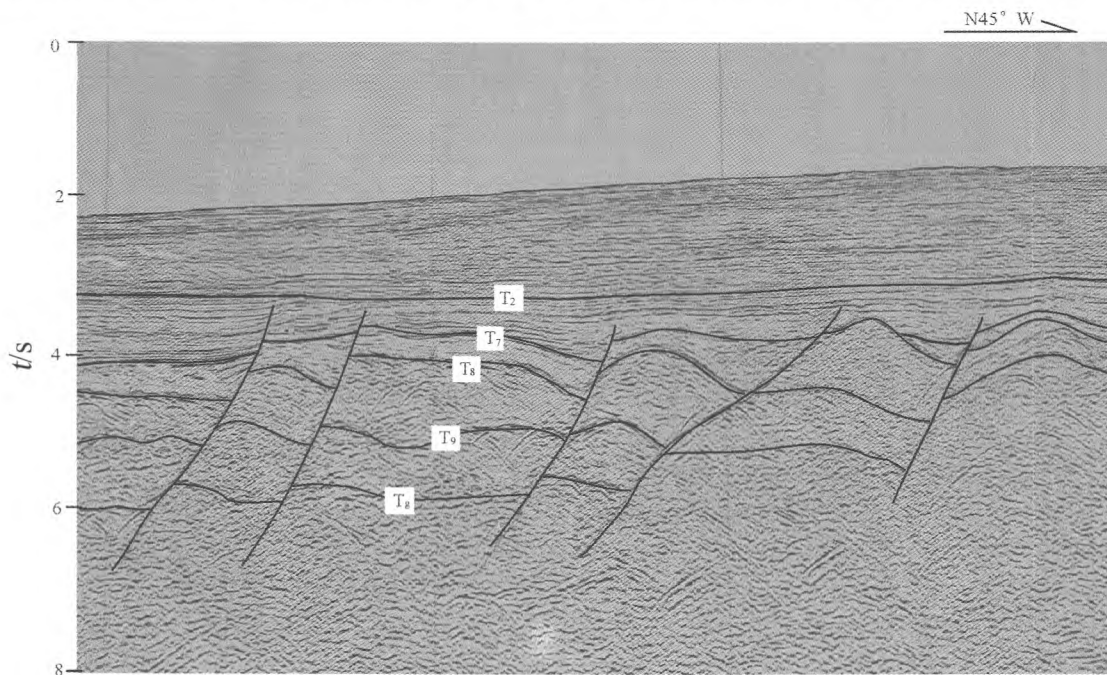
界,西部属于平缓变化的升高磁场区,前新生代基底由古生代变质岩和少量花岗岩组成。盆地内部二级构造单元的边界断层,基本上是切割盆地基底的基底断裂,对盆地内部二级构造单元的发展演化和沉积特征具有明显的控制作用。盆地二级构造单元内部的断层多属于盖层断裂,主要见于新生界下部,断层发育密度较大。

(5) 根据构造线的展布方向,可划分为3组构造,即NE向、NW向、近EW向构造。NE向构造最为发育、密度最大、发育较早,是新生代早期南海发生的张性构造运动——神弧运动的重要体现,同时是控制南海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—第三纪初才转化为明显的张性活动。NW向断裂晚于NE向断裂,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,一般认为该组断裂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。

(6) 地震剖面显示,盖层断裂均为正断层,且大多数断层向拗陷或凹陷的主体部位呈阶梯状断陷(图4),断裂旁侧的古近纪沉积厚度受控于

这类断裂,说明这类断裂多属于同沉积性质,尽管其中有些断裂是沿袭前新生代老断裂重新活动的结果,但在古近纪的断裂活动表现了以张性为主的特征,与中生代的压性断裂特征截然不同,因此,应属于拉张型大陆边缘构造。地震剖面(图4)同时显示:古近纪末该区曾发生一定强度的挤压构造运动,使古近纪断陷盆地受到改造,地层发生褶皱变形、地层倾斜并遭受剥蚀,从而形成古近系与新近系之间的特征明显的角度不整合接触关系(对应于 $T_7$ 反射界面);进入新近纪,构造活动平静,变形微弱,地层呈水平或近水平状广泛发育。

(7) 南海北部所处的拉张型大地构造边缘背景决定了北部盆地类型以拉张为主的特点。琼东南盆地和珠江口盆地位于南海北部陆缘带,属于典型的陆缘张裂盆地,盆地基底由前寒武纪变质岩、古生代和中生代沉积岩以及火成岩组成,古近纪为陆缘裂谷拉张形成的断陷阶段,形成一系列北东向地堑和半地堑,充填陆相沉积物;中新世以后,盆地区域沉降,海水广泛侵入,形成披盖型沉积。台西南盆地位于南海北部陆缘带东部与菲律宾岛弧的复合部位,属于陆缘张裂—弧后前陆盆地,盆地基底为中生代陆缘海相碎屑岩系,各期盆地沉积特点如下:古近纪时期,盆地为张



$T_2$ : 中、上中新统的分界;  $T_7$ : 古近系与新近系的分界;  $T_8$ : 始新统与新新统的分界;  $T_9$ : 古新统与始新统的分界;  $T_g$ : 新生界底界面

图4 珠江口盆地发育的阶梯状断层剖面

Fig. 4 Step faults profile in Zhujiangkou basin

性正断层控制的断陷沉积,属于陆缘张裂盆地;晚中新世以后,菲律宾吕宋岛弧与台湾岛弧拼贴,来自东部的挤压作用在台西南盆地东部形成向西仰冲的推覆逆冲带,因构造叠置作用,导致盆地东部强烈沉陷,并将早期的北东向断陷改造成近南北向的拗陷,发育巨厚的上新世—第四纪沉积,并发育成排展布的近南北向褶皱—逆冲断裂带,因此盆地发育后期属于弧后前陆盆地。

(8) 燕山期,区域岩浆活动强烈,以中酸性火成岩为主;喜马拉雅期,岩浆活动强烈广泛,以中酸性—基性火成岩为主。

## 2.2 西部盆地

南海西部盆地包括莺歌海盆地、中建南盆地、万安盆地,总体沿南海西部边缘的陆架、陆坡区海域呈带状分布,其主要的构造特征如下。

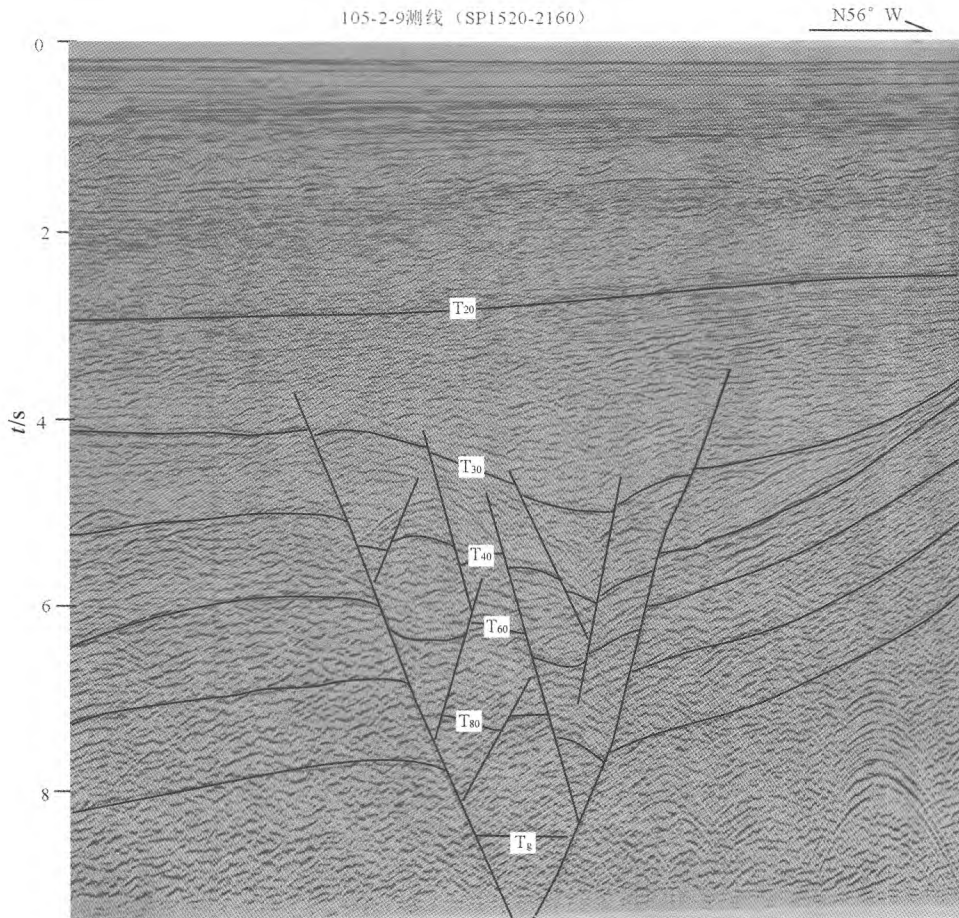
(1) 重磁资料解释表明,南海西部存在两个特征明显的岩石圈断裂或地壳断裂,分别为NW向、近SN向。NW向断裂位于北部的莺歌海盆地,表现为断裂两侧截然不同的重磁异常特征。断裂以东为一系列变化正负重磁异常相间排列,基底主要由元古宙和古生代变质岩组成,断裂以西以平缓低值正异常为背景,局部重力高和重力低镶嵌其中,异常走向不明显,基底主要由古生界和三叠系组成,该断裂即以往命名的红河断裂。近SN向断裂位于南海西缘的中建南盆地和万安盆地,属于越东陆架陆坡区,布格重力异常和空间重力异常均表现为一明显的线性梯级带,磁力异常在断裂带表现为近SN向,断裂以西呈近东西向展布,断裂以东总体呈NE向展布,由此说明,该断裂为一条切割深度巨大的深大断裂,即以往命名的南海西缘—万安断裂。

(2) 地震剖面(图5)显示红河断裂、南海西缘断裂和万安断裂是控制南海西部构造格局和新生代盆地形成的决定性主导构造,红河断裂控制着莺歌海盆地的空间展布和东部边界,南海西缘断裂导致中建南盆地的形成并控制了盆地的西部边界,万安断裂制约着万安盆地的总体展布并成为盆地的东部边界。3条断裂在地震剖面上均显示为明显的花状构造(图5),主断面浅部稍缓,深部近于直立,它们均是长期活动、多次反转的走滑断裂,在印支期属于印支亚板块与华南亚板块的碰撞缝合线,在新生代又先后经历了右行走滑、左行走滑、右行走滑3次构造运动,它们不仅是南海神狐运动和南海运动的西部边界,而且

是万安运动的构造起因<sup>[11]</sup>。始新世—渐新世时期,由于印度板块与欧亚板块发生碰撞,华南亚板块因受压而向东南方向运动,从而引发南海运动,此时分隔华南亚板块与印支亚板块的上述断裂表现为右旋扭张性走滑运动;早—中中新世时期,南沙地块因古南海西部洋壳已俯冲于加里曼丹地块之下而与加里曼丹地块发生碰撞,使华南亚板块向东南方向的运动受阻,此时,印支亚板块相对于华南亚板块而向南挤出,上述断裂表现为左旋扭张性走滑运动;晚中新世时期,印支亚板块向南挤出运动在南端受澳大利亚与巽他地块的碰撞而受阻,而其东侧的华南亚板块向东南方向运动相对加快,从而使上述断裂再次发生构造反转而成为右旋扭张性走滑运动,上新世以后,华南亚板块向南运动的速率减慢,整个区域沉降,上述断裂的右旋走滑运动也相应减弱直至停止。

(3) 红河断裂、南海西缘断裂和万安断裂的多次走滑扭张运动,控制并决定了莺歌海盆地、中建南盆地和万安盆地的性质和类型。从地震剖面(图5)观察,莺歌海盆地、中建南盆地和万安盆地的大多数控盆断层属于张性正断层,断层规模变化较大;但从平面上的组合形态来看,雁行羽状排列以及单个断层的“S”形弯曲,说明断裂具有明显的扭张性特点。综合考虑,大多数断裂的力学成因兼具扭性和张性的特点,即具有扭张性,断裂对盆地沉积具有明显的控制作用,断裂活动与盆地形成同步,盆地展布方向受主体走滑断裂的控制而且沉降很深(新生代沉积厚度多大于8 000 m),盆地的狭长形态和长轴与上述走滑主断裂相协调,因此盆地类型属于走滑拉分盆地。

(4) 与红河断裂、南海西缘断裂和万安断裂的多次走滑扭张运动相适应,盆地伴生的次级断裂活动也具有多期次的特点。地震剖面(图5)显示,多数断裂从始新世开始活动,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,另有极少数断裂持续活动到上新世—更新世,形成所谓的“通天”断层。综合分析,断裂活动可划分为早、中、晚3期。早期为始新世—渐新世,断层两盘地层厚度( $T_{60}$ — $T_g$ )有一定变化,说明断裂活动对沉积具有一定的控制作用,该期活动与红河断裂、南海西缘断裂、万安断裂的右旋扭张活动相关。中期为早中新世—中中新世,地震剖面显示,该期断层多为继承性断层,下一中中新统( $T_{40}$ — $T_{60}$ )在断层两盘的厚度差异明



T<sub>20</sub>: 上新统与第四系的分界; T<sub>30</sub>: 中新统与上新统的分界; T<sub>40</sub>: 中、上新统的分界; T<sub>60</sub>: 渐新统与中新统的分界;  
T<sub>80</sub>: 始新统与渐新统的分界; T<sub>g</sub>: 新生界底界面

图5 红河走滑断裂在横剖面上显示的负花状构造形态

Fig. 5 Negative flower-shape structure on the seismic profile crossing the Honghe fault

显,下降盘厚度明显大于上升盘,反映了断层的同沉积活动性质,该期活动与红河断裂、南海西缘断裂、万安断裂的左旋扭张活动相关。晚中新世(T<sub>30</sub>—T<sub>40</sub>),断裂活动在地震剖面上仍表现为同沉积扭张性质,断裂活动达到高峰,致使断层上升盘地层遭受严重剥蚀,该期活动应与红河断裂、南海西缘断裂、万安断裂的第三次走滑拉张活动有关(右旋扭张性质)。进入上新世(T<sub>20</sub>—T<sub>30</sub>),断裂活动明显减弱,持续时间短,只有少数先期断层此时发生再活动,地震剖面上表现为断层错断上新统和更新统。

(5) 中建南盆地和万安盆地的构造线方向十分相似,主要可见3组,即近SN向、NE向和NW向。近SN向断裂通常延伸距离远,切割深度大,构成盆地的东部或西部边界,控制着盆地的总体沉积和展布方向;NE向断裂级别相对较小,但遍布整个盆地,分布广泛,剖面上常表现为地堑式

组合,平面上呈雁行排列,分别与中建南盆地西缘断裂、万安盆地东缘断裂呈锐角相交,组成单羽状断裂体系,并控制着盆地二级构造单元隆起与拗陷的分布以及局部构造的形成;NW向断裂相对发育较差,仅见于局部地段,规模不大,切割深度较小。

(6) 磁异常资料及地震剖面显示,中建南盆地和万安盆地发生过多期岩浆活动。地震剖面多处见到丘状、蘑菇状、穹隆状及柱状火成岩体,分别刺穿T<sub>5</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>2</sub>反射波层位,有的甚至刺穿T<sub>0</sub>波层位而成为海山或海丘。这些火成岩的特征是:(1)多数与大断层伴生,断层是岩浆侵入或喷出的通道。(2)岩浆活动分为两期:早期为早中新世—中中新世,形成的岩体刺穿T<sub>5</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>3</sub>反射波层位,表现为丘状、蘑菇状岩体,以中酸性岩体为主,分布广泛;晚期为晚中新世—第四纪,岩体几乎刺穿T<sub>5</sub>以上的所有反射层,甚至

出露海底，以中基性岩体为主，分布局限。

### 2.3 南部盆地

南部盆地包括南薇西盆地、北康盆地、曾母盆地、南沙海槽盆地、文莱—沙巴盆地和礼乐盆地，总体沿南海南部边缘的南沙陆架、陆坡区海域呈EW向分布，其板块作用方向多变、构造变形复杂。

(1) 重磁资料显示，尽管曾母盆地与其北侧南沙中部海域的重、磁场背景值比较相似，但重、磁异常的展布方向在二者的交界部位发生了明显转折，曾母盆地重、磁异常总体表现为NW向—近EW向，南沙中部海域重、磁异常总体呈现为NE向，反映了其交界部位为一深大断裂，并在地震剖面上有清晰的反映。根据区域资料分析，断裂两侧分属于不同的地块，断裂南侧为曾母地块，来自印支亚板块，新生代盆地基底为轻微变质的中生代地层，断裂北侧为南沙地块，来自华南亚板块，新生代盆地基底为下古生界甚至元古界，因此，整个南海南缘陆坡区均为减薄了的陆壳。

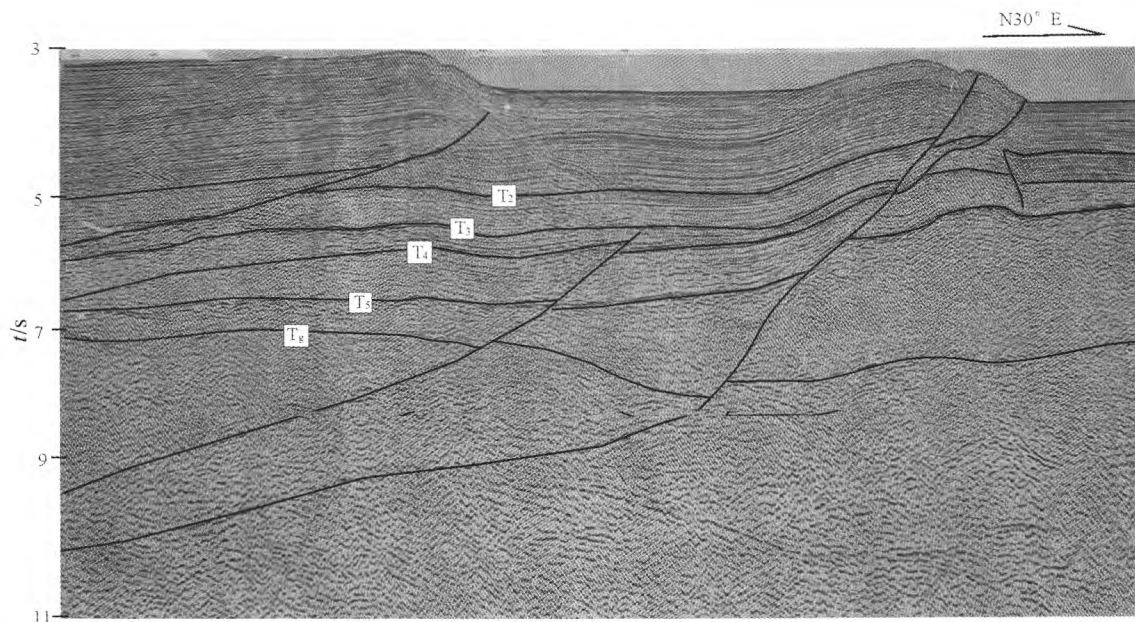
(2) 新生代地层构造特征均总体表现为两个构造层的特点。下构造层（古近系）表现为陆缘裂谷沉积特点，因濒临古南海，因而以过渡相和海相沉积为主，断裂构造非常发育，反向正断层常与正向断层构成伸展斜坡式断陷；上构造层（新近系和第四系）主要为南海扩张时的浅海相沉积，自下而上，构造变动逐渐减弱。

(3) 平面上，构造线展布方向在南、北部明显不同。南部的曾母盆地主要可见NW向—近EW向构造，并构成盆地的主要格架，控制着二级以下构造单元的划分，断裂规模大小不一；NE向断裂次之，多为倾向断层。北部的南沙地块总体可见3组构造线，即NE向、NW向、近SN向，其中NE向构造最为发育，断裂密度较大，形成时间较早，呈雁行斜列，属于新生代盆地的主体构造；NW向、近SN向断裂形成较晚，相对发育数量少，但规模一般较大，具有左旋平移特征，常切割NE向断层。

(4) 地震剖面显示，断裂力学性质多样，张性、压性、剪性兼而有之。NE向断层多数属于张性的正断层，并对新生代早期沉积具有控制作用。NW向、近SN向断裂平错先期的NE向构造，应属于走滑剪切性断裂。位于南沙海槽南缘的NE向断裂带别具特色，其断面倾向SE，南侧向北仰冲，北侧向南俯冲，浅部发育多条同倾向逆断层，向

深部汇入同一个主断面，剖面上单个断层呈上陡下缓的犁式形状，整体又表现为叠瓦式逆冲组合，属于典型的挤压性逆冲断裂带（图6）。通过分析断裂两侧的沉积厚度，以 $T_4$ 为界可将该断裂带的形成演化划分为两大阶段：古近纪时期为张性正断层发育阶段，表现在 $T_4$ 界面以下沉积（古新统一渐新统）在断裂上盘的厚度大于下盘的，反映了张性正断层对沉积的控制特征，并在部分区段仍残余表现为正断层形式（右侧断层），逆冲断层形式只是后期反转活动的表现，同时说明后期的逆冲作用是沿袭该时期的张性正断层破裂面发生的；新近纪和第四纪为压性逆冲断层发育阶段，表现在 $T_4$ 界面以上（中新统一第四系）的沉积反射界面明显为冲逆断层形式，而且没有被改造的特征，同时断裂上盘的厚度小于下盘，反映了压性逆冲断层对沉积的控制作用，同时说明逆冲作用开始于中新世。

(5) 由于南海南部海域所处的特殊大地构造位置、构造演化的复杂性以及地球动力学特征的差异性等，导致该区盆地成因不同、类型多样。曾母盆地属于周缘前陆盆地，是中国南海最南端的一个大型新生代沉积盆地，其主体位于向南俯冲的陆壳曾母地块，盆地基底为早白垩世花岗闪长岩和古新世—始新世变质岩等，其形成与挤压作用密切相关，受控于晚始新世—渐新世曾母地块的向南漂移俯冲及其与婆罗洲地块的碰撞沉降以及中新世—上新世盆地两侧的万安—卢帕尔走滑断裂与廷贾走滑断裂的综合作用，盆地以断裂构造为主，发育少量的褶皱构造。北康盆地和南薇西盆地属于张裂盆地，位于南沙地块西南部，盆地基底为前新生代变质岩及中酸性—基性火成岩，其形成与陆缘张裂有关，是在南沙地块长期隆起剥蚀夷平的基底上，于中生代末—新生代早期因地壳拉伸、裂陷而成。礼乐盆地属于陆缘张裂—裂离陆块型盆地，位于礼乐地块，盆地基底发育一套大角度倾斜的中生代海相含煤碎屑岩系，因此也可以称为中、新生代叠合盆地，其形成可分为南海扩张前（早渐新世末）华南亚板块陆缘张裂控制阶段和南海扩张后裂离陆块重力沉降控制阶段。文莱—沙巴盆地属于南沙地块向巽他地块俯冲所形成的弧前盆地，盆地基底为中生代变质岩和酸性深成岩等。南沙海槽盆地属于弧后前陆盆地，位于南沙地块边缘，盆地基底为古南海洋壳，其形成与古南海消亡以及南沙地块与苏拉威西弧碰撞紧密相关<sup>[16]</sup>。



$T_2$ : 中新统与上新统的分界;  $T_3$ : 中、上中新统的分界,  $T_4$ : 渐新统与中新统的分界;  $T_5$ : 中、上始新统的分界;  $T_6$ : 新生界底界面

图6 南沙海槽逆冲断裂地震剖面

Fig. 6 Seismic profile on the thrust faults in Nansha Trough

(6) 按照活动期次, 既有继承性多期次活动的断层, 又有后期形成的新生断层。断层活动总体可分为3期: 早期为晚白垩世—中始新世, 断裂活动主要发生在北部, 与盆地同步形成, 主要形成 NE 向的张性正断层; 中期为晚始新世—中新世, 受印度板块继续向北楔入欧亚大陆引起巽他地块向东南挤入以及南海中央海盆扩张的影响, 断裂活动非常强烈, 遍布南部和北部, 包括 NE 向张性断层的继承性活动以及近 EW 向张扭性断层、近 SN 向和 NW 向走滑剪切断层的形成, 其中近 SN 向和 NW 向走滑断层对沉积作用具有明显的控制作用, 同时在南沙海槽区域形成 NE 向逆冲断裂; 晚期为晚中新世—第四纪, 构造活动较弱, 多数断层停止活动, 少数先期断层发生继承性活动, 并表现出对晚期沉积起控制作用的同沉积断层性质。

(7) 岩浆活动比较频繁, 本次联测线多处见到火成岩, 呈圆柱状、圆锥状、岩墙状、蘑菇状等形态, 其边界清楚, 向上刺穿明显, 有的出露海底形成海丘或海山。磁力资料显示, 前新生代在块体碰撞、造山和边缘俯冲的挤压背景下, 主要形成一系列中酸性火成岩体。新生代在张性应力场作用下, 产生裂陷和裂陷槽等, 主要形成一系列基性岩体, 空间位置上常与大中型断裂伴生, 平面上自西向东、自南向北岩浆活动逐渐增强, 时间上可划分为3期: 早期(晚白垩世—中始新

世), 主要是在张应力作用下形成的裂谷和裂陷槽, 有基性火山喷发; 中期(晚始新世—中中新世), 主要是在南海中央海盆扩张的影响下形成的中基性岩体, 自北向南明显减弱; 晚期(晚中新世—第四纪), 岩浆活动较强, 岩体刺穿各时代沉积层直达海底, 这在各个盆地中均可见到。

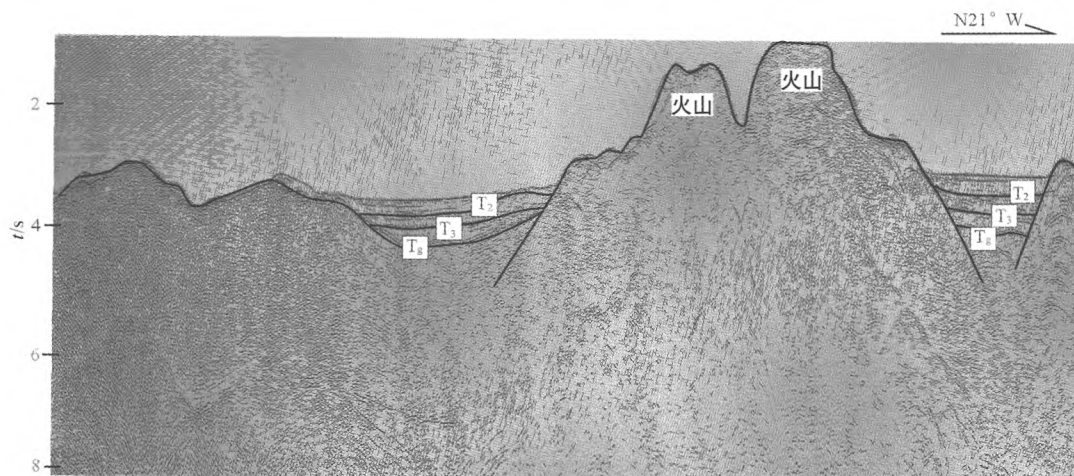
## 2.4 东部盆地

东部盆地主要指科学考察区域联测线所经过的南海中央海盆, 它是一个别具特色、倍受构造学家关注的构造单元。

(1) 重磁资料表明, 中央海盆具有典型的大洋地壳特征, 地壳厚度 5 ~ 8.5 km, 并在 N15° 附近对称分布一系列近 EW 向的线性正、负磁异常条带, 反映了中央海盆属于近南北向海底扩张的产物。海盆中脊呈现的玄武质海山链以及伴随的区域性玄武岩喷发活动和仍保留的发散型高阶地幔流场等, 表明此次扩张是地幔物质主动剧烈上涌引起的。

(2) 地震剖面(图7)显示, 基底由许多圆弧状绕射波组成, 新生代沉积厚度 600 ~ 1 500 m, 缺失前中新世地层, 上新统一第四系分布广泛, 其中下部沉积主要充填于受断裂控制的凹陷中。

(3) 断裂构造基本表现为近 EW 向和近 SN 向两组。近 EW 向断裂多具拉张性质, 与南海第二次海底扩张密切相关, 中央海盆南、北缘断裂均



T<sub>2</sub>. 中新统与上新统的分界; T<sub>3</sub>. 中、上新统的分界; T<sub>g</sub>. 渐新统底界面

图7 中央海盆海底火山及断裂对新生界沉积控制的地震剖面

Fig. 7 Seismic profile on controlling of submarine volcanoes and faults to Cenozoic in the Central Sea Basin of the South China Sea

为洋壳与陆壳（或过渡壳）的分界断裂；近SN向断裂多具转换断层剪切性质。

(4) 岩浆活动非常强烈，发育一系列出露的海底火山，对上新世—第四纪沉积具有明显的控制和分隔作用（图7）。

### 3 结 论

(1) 由于中国南海处于欧亚大陆、印度洋和太平洋三大板块交汇的特殊位置，因此其中各沉积盆地的差异主要取决于相毗邻的两个板块之间的相对运动和演化过程的差异。

(2) 南海盆地的形成与不同板块边界区域断裂性质密切相关。南海北部沉积盆地主要受NE向张性断裂控制；西部沉积盆地主要受NW向和近SN向走滑断裂控制；南部断裂性质比较复杂，张性、压性、剪性兼而有之，但以NE向的南沙海槽逆冲断裂控制的南沙海槽盆地最具代表性；东部主要指南海中央海盆，断裂和海底火山共同控制了该区上新世—第四纪沉积。

(3) 南海主要沉积盆地的构造特征的差异性，具体表现在重磁场特征、盆地基底、断裂性质、构造线方向以及火成岩发育等方面；正确认识这些差异性无论对南海基础地质研究还是油气资源勘探，均具有重要的理论意义和实际价值。

#### 参考文献：

[1] 金庆焕. 南海地质与油气资源 [M]. 北京：地质出版社, 1989.  
[2] 金庆焕, 吴进民, 谢秋元. 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.

- [3] 刘昭蜀, 赵焕庭, 范时清, 等. 南海地质 [M]. 北京：科学出版社, 2002.  
[4] 夏戡原. 南沙群岛及其邻近海区地质地球物理与油气资源 [M]. 北京：科学出版社, 1996.  
[5] 李平鲁. 珠江口盆地新生代构造运动 [J]. 中国海上油气 (地质), 1993, 7 (6): 11-17.  
[6] 张光学. 地壳伸展及走滑与万安盆地的形成 [J]. 南海地质研究, 1996, 8: 14-23.  
[7] 龚再升, 李思田, 谢泰俊, 等. 南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集 [M]. 北京：科学出版社, 1997.  
[8] 姚伯初, 邱燕, 吴能友, 等. 南海西部海域地质构造特征和新生代沉积 [M]. 北京：地质出版社, 1999.  
[9] Lee T Y, Lawer L A. Cenozoic plate reconstruction of Southeast Asia [J]. Tectonophysics, 1995, 251: 85-138.  
[10] Briaies A, Tapponnier P, Pautot G. Constraints of data on crustal fabrics and seafloor spreading in the South China Sea [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1989, 95: 307-320.  
[11] Packnam G. Cenozoic SE Asia: reconstructing its aggregation and reorganization [M] // Hall R, Blundell D J. Tectonic Evolution of Southeast Asia. London: Geological Society Special Publication, 1996: 123-152.  
[12] 许东禹, 刘锡清, 张训华, 等. 中国近海地质 [M]. 北京：地质出版社, 1997.  
[13] 刘光鼎. 中国海区及邻域地质地球物理特征 [M]. 北京：科学出版社, 1992.  
[14] 茹克, John D P. 南中国海周期性裂谷作用和沉降作用 [J]. 油气地质译丛, 1993, 21 (4): 20-26.  
[15] 王鸿祯, 杨巍然, 刘本培. 华南地区大陆边缘构造史 [M]. 武汉：中国地质大学出版社, 1986.  
[16] Hutchison C S. Geological Evolution of Southeast Asia [M]. London: Oxford University Press, 1996: 102-116.