

## 南海西南次海盆与东部次海盆 地质与地球物理分析

丁巍伟<sup>1,3</sup>, 陈汉林<sup>1,3</sup>, 杨树锋<sup>1</sup>, 初凤友<sup>2,3</sup>

(1. 浙江大学 地球科学系, 浙江 杭州 310027; 2. 国家海洋局 第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012;

3. 国家海洋局 海底科学重点实验室, 浙江 杭州, 310012)

**摘 要:** 在对南海西南次海盆和东部次海盆的地质和地球物理特征分析和对比的基础上, 提出了南海东部次海盆的地球物理场异常和地质构造均呈 EW 向分布, 而西南次海盆则表现为 NE 向分布。并利用插值切割法对南海深海盆的磁力异常场进行了分析处理, 提出了其显示的地球动力学过程的差异, 并对南海西南次海盆和东部次海盆的演化史进行了探讨: 东部次海盆是在晚渐新世—早中新世通过 SN 向的海底扩张形成的, 而西南次海盆是在中始新世至早渐新世通过 NE 向的大陆边缘裂谷作用形成的。

**关 键 词:** 东部与西南次海盆, 地球物理特征, 磁力异常场, 插值切割法, 活动断裂, 形成机制  
**中图分类号:** P631      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006-7493(2002)03-268-12

### 1 前 言

南海是西北太平洋边缘海之一, 也是其中面积最大的海盆, 达 350 万平方公里, 位于欧亚板块、太平洋板块和印度板块的交汇地带。根据水深和地形地貌特征, 以及地质地球物理资料及研究成果<sup>[1~5]</sup>, 可以将南海海盆分为西北次海盆、西南次海盆和东部次海盆(如图 1)。国内外学者通过对比磁异常条带, 认为南海海盆是通过海底扩张形成的, 并得出了南海海盆的扩张年代。Taylor 和 Hayes<sup>[6]</sup>认为南海在新生代发生过一次海底扩张, 扩张年代为晚渐新世—早中新世(32~17Ma B. P), 另有一些学者认为南海在新生代发生过两次海底扩张, 分别形成了东部次海盆和西南次海盆。东部次海盆的扩张年代认识比较统一, 即在晚渐新世—早中新世(32~17Ma B. P)通过海底扩张形成的<sup>[5~12]</sup>。但对于西南次海盆海底扩张的年代有不同的看法。如, 何廉声、陈圣源<sup>[5,7]</sup>认为海底扩张发生在早白垩世(126~119 Ma); 吕文正等<sup>[8]</sup>认为在晚白垩世—早中新世(70~63Ma); 而姚伯初等<sup>[9]</sup>则认为是在晚始新世—早渐新世(42~35Ma); Hayes<sup>[10,11]</sup>和 Briaies<sup>[12]</sup>利用多波束测深资料分析海底地形地貌特征, 并和地磁异常资料对比分析, 认为海底扩张年代为 24~15.5Ma。

鉴于以往的研究, 本文将从南海的东部和西南部次海盆的地质和地球物理特征上入手, 对南海的形成演化做一探讨。其结果对于研究南海形成演化中构造动力学机制及其资源形成有着重要的意义, 也有助于完善和深化全球构造理论模式。

**基金项目:** 国家重点基础研究发展规划(973 计划)(G2000046704)

**第一作者简介:** 丁巍伟, 男, 1977 年生, 浙江大学构造地质学 2000 级博士研究生。主要从事构造地质和地球物理方面研究。

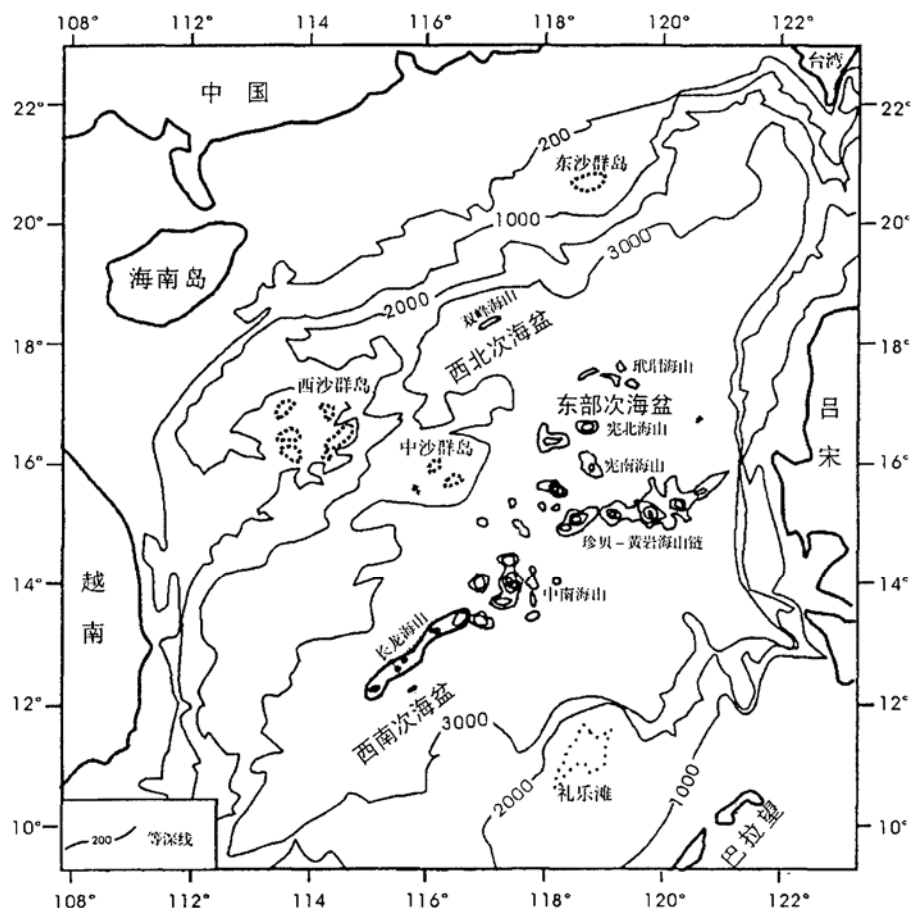


图1 南海深海盆地地貌简图

Fig. 1 Simplified physiognomy map of the deep sea basin of the South China Sea

## 2 区域构造背景

南海海盆自中生代末期以来一直受到欧亚板块、太平洋板块和印度板块三大板块相互作用的控制,地质构造复杂,新构造运动十分强烈。现今的南海为北部华南板块,西部印支板块,西南部滇缅马加板块和东部的菲律宾海板块所围限。南海中央主体部分——西沙、中沙和南沙群岛均由前寒武纪地层组成<sup>[2,13,14]</sup>,东沙群岛为前侏罗纪地层<sup>[2,13,14]</sup>。

南海深海盆存在着多轴多期的扩张中心和深断裂。在海盆中部存在残余的东西向扩张中心,沉积物较薄,形成近EW向的海山链;西南部存在一个NE向的扩张中心;西北部则有一个走向与西南次海盆相似的NE向扩张中心,该地区海盆地壳为类大洋型地壳,厚度比东部的薄,与东部大洋型地壳之间存在一条近SN向的深大断裂。根据南海内部的结构特征,可以将南海深海盆分为东部次海盆、西南次海盆和西北次海盆(图1)。本文主要讨论东部次海盆和西南次海盆。

西南次海盆是一个NE向展布的三角形盆地,NE向长约600km。整个西南次海盆面积约

为 115 000 km<sup>2</sup>, 水深在 3 000~4 000 m 之间, 是南海海盆中最低洼的部分。海盆底部平坦, 其上发育着海山, 总体走向以北东向为主。海盆的西北边缘是中沙群岛和西沙群岛, 东南边缘为南沙群岛, 北部以中南海山与东部次海盆隔开。

东部次海盆位于南海中部, 呈长方形, 南北长约 900 km, 东西宽 450 km, 面积大于 40 万 km<sup>2</sup>。海盆底部是平坦的深海平原, 其上分布着一系列 EW 向展布的海山。海盆北界为北部陆坡, 南界为礼乐滩板块, 东部以马尼拉海沟与菲律宾海板块相隔, 西部与西沙—中沙微板块相接。

### 3 地质与地球物理特征及其对比

#### 3.1 地球物理特征

##### 3.1.1 磁力异常特征

南海磁力异常平面图(图 2)显示, 南海深海盆的磁异常场分布主要有两个方向。在西南

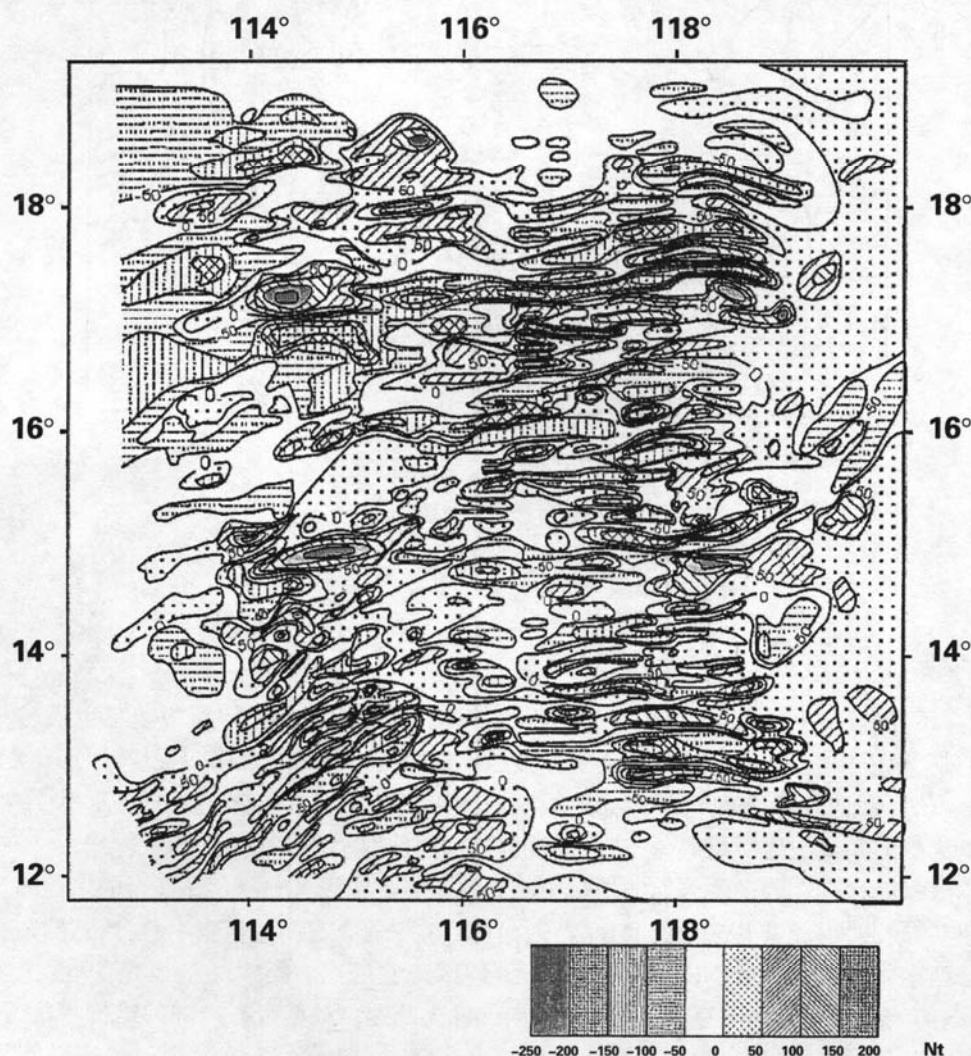


图 2 南海深海盆磁力异常平面场(据刘光鼎 1:500 万图处理)

Fig.2 Map of magnetic anomalies of the South China Sea

次海盆中的地磁异常为 NE 走向,幅值不大(50~150nT)的磁异常条带以正负相间的形式镶嵌在这一海盆的中北部<sup>[15]</sup>。而东部次海盆发育着近 EW 向的磁异常条带,大致对称分布于北纬 15° 的 EW 向海山链两侧。这些线性排列的磁异常条带在 EW 向延伸较远,有的长达 200km 以上。

磁异常是地下不同深度和规模的磁性地质体的综合反映。如果从观测到的磁异常中将不同的磁性地质体所产生的磁异常分离出来,就能分别研究其地质含义。作者利用插值切割法<sup>[16]</sup>对南海深海盆的磁力异常场进行了分析,进行了不同的深度切割。不同的切割半径代表了不同的切割深度。图 3 和图 4 分别是切割 4.8km 和 9.6km 后的磁力异常区域场。在切割 4.8km 的磁力异常区域场(图 3)可以看出,异常场走向在两个不同方向——NE-SW 和 EW 向的展布,他们的分布分别对应于西南次海盆和东部次海盆。但是随着切割深度的加大(图 4),西南次海盆的磁力线走向明显变得模糊,NE 向的走向已经很难辨识,而东部次海盆的磁力异常走向依然为 EW 向比较清晰,只是强度有所减弱,磁力线变得更加宽缓。

以上现象表明,西南次海盆主要受约 5km 以上的浅部磁源的影响,磁异常表现为 NE-SW 向;而东部次海盆不仅受约 5km 以上的 EW 向浅部磁源的影响,同时深部磁源也对其产生

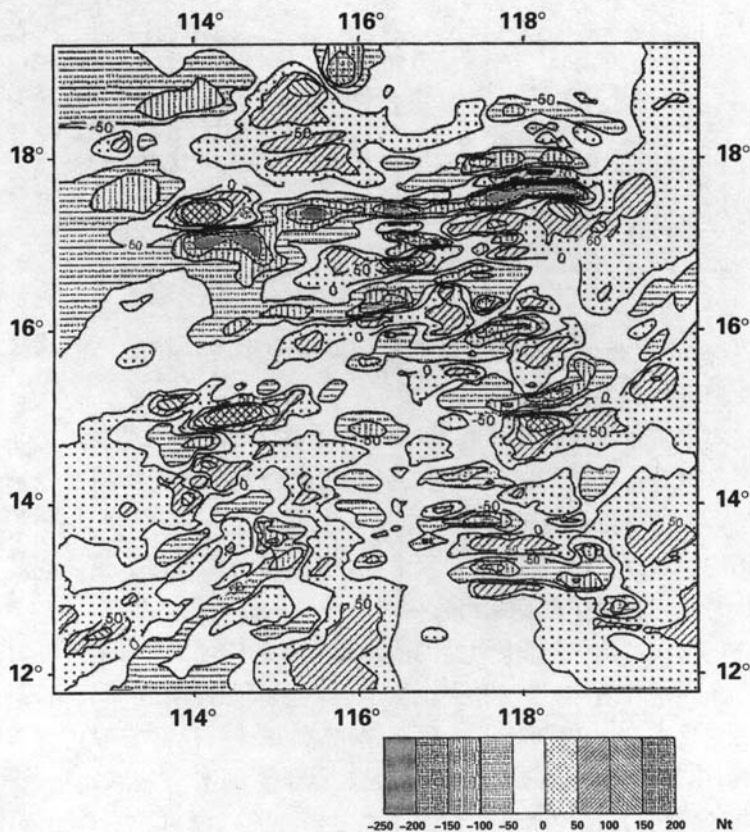
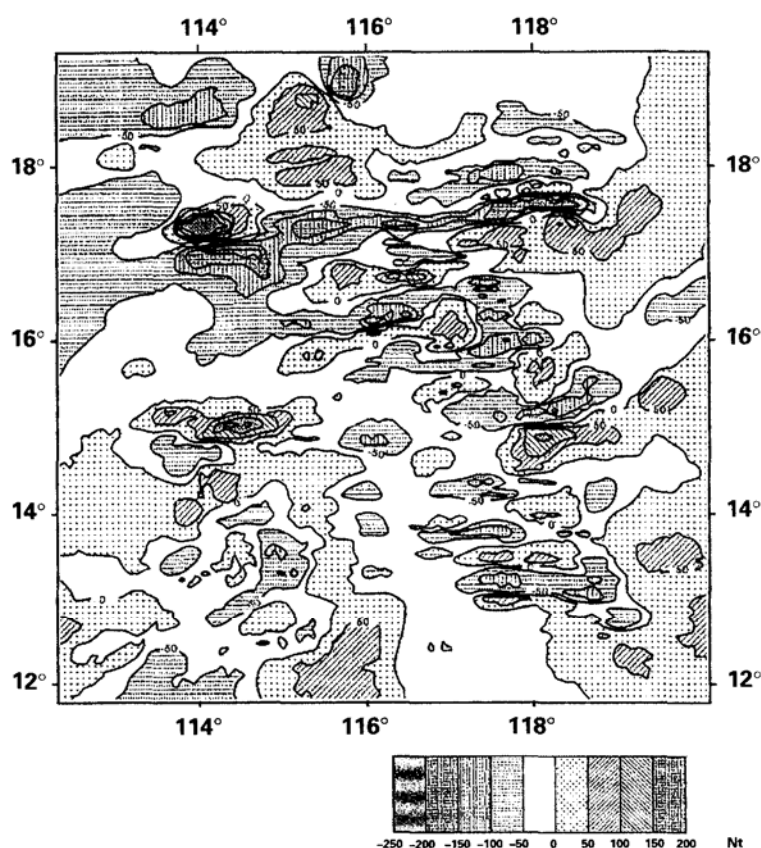


图 3 切割 4.8km 磁力异常场平面图

Fig.3 Map of magnetic anomaly of 4.8km cut radius



了很大的影响,故磁异常展布方向主要呈 EW 向。两个次海盆在磁异常特征上的差异,表明了它们在形成的地球动力学过程中的差异。

西南次海盆磁异常条带是浅源磁异常,而且在平面上强度变化较快,因此它的磁源应该是分布在西南次海盆地壳上部的岩浆岩引起的。西南次海盆没有受深部磁源的影响,因而它的岩浆作用过程与一般的大陆裂谷的岩浆作用是一致的。由于受到伸展作用的影响,地壳减薄,导致地壳处于不平衡状态,促使深部的岩浆上涌,在上部地壳发育了基性和超基性岩体、岩脉和火山岩。这些岩浆岩提供了西南次海盆磁异常条带的磁场源。

从前面的分析可以得出,东部次海盆的浅部磁异常同样是由岩浆作用形成的,并由发育在地壳上部的基性和超基性岩体、岩脉和火山岩引起。深部磁源引起的 EW 磁异常条带表明地壳深部有 EW 方向展布的、相互平行的磁性。东部次海盆磁异常条带具有对称性,大致沿北纬 15° 的 EW 向海山链两侧对称分布,这些特征显示了东部次海盆磁异常条带与现代大洋中脊的磁异常条带极为相似,也说明了东部次海盆磁异常的磁源与洋中脊磁异常的磁源具有相同的形成过程。因此,东部次海盆的磁异常的形成与海底扩张作用有关。

### 3.2.2 重力异常特征

西南次海盆区域内重力自由空间异常的走向明显,呈 NE 向展布。布格异常值在(200~



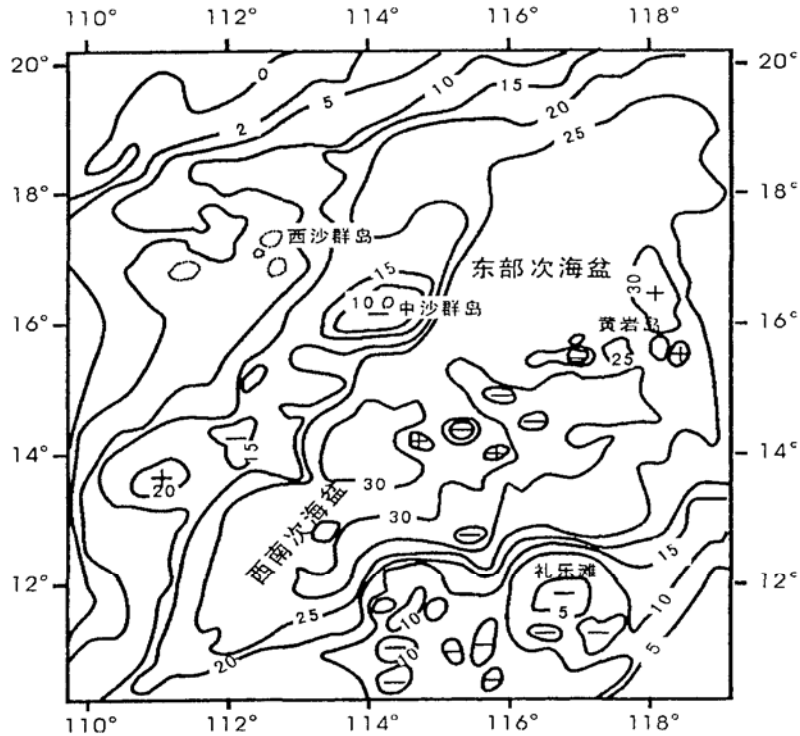


图5 南海布格重力异常简图(据李唐根 1:200 万图简化)

Fig.5 Simplified of Bouguer gravity anomaly map

$300) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$  之间。根据南海布格重力异常简图(图5),西南次海盆从南到北可以分为三个区域。北部为负异常带,异常值在  $(200 \sim 250) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$  之间,呈 NE 走向;中部区域的异常值在  $(200 \sim 300) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$  之间,NEE-NE 走向;南部边缘为负异常带,异常值在  $(200 \sim 250) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$  之间,呈 NE 走向,局部呈 NEE 走向。从北到南,布格异常呈现低-高-低的趋势。说明在西南次海盆中部存在 NE 向的高密度物质,这一高密度物质与地壳裂离及地幔高密度物质的侵入有密切的关系,地壳沿 NW-SE 方向拉伸。

东部次海盆重力自由空间异常的走向总体呈 EW 向。布格异常值变化比较平缓,幅度在  $(300 \sim 320) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$  之间,大部分区域为正异常覆盖。海盆的北部是平缓的正异常区;在中部的珍贝海山、黄岩海山区域,出现了高值异常带,沿海山方向呈 EW 向分布;南部为正异常区,走向 EW。西部中南海山附近有 NE 走向局部负异常。东部次海盆南、北两部分异常特征稍有差异,南部异常背景值要比北部要高<sup>[15]</sup>。这些异常特征说明在东部次海盆内部沿珍贝海山、黄岩海山存在 EW 向展布的高密度物质的存在,这些高密度条带与重力异常的分布说明了海盆的扩张方向是 NS 向。因此,两个次海盆在地球物理特征上存在着明显的差异(见表1)。

### 3.3 南海海盆及邻区的活动断裂

南海地区在区域构造走向上属于滨太平洋构造域与特提斯—喜马拉雅构造域的交汇处,受两个构造域的双重影响,在断裂构造上表现出明显的分界性,大致以  $110^\circ\text{E}$  附近的南北向桂北和越东滨海断裂的连线为界(图6),以东地区以左旋 NE 向断裂为主,属于滨太平洋构造域;

表 1 地球物理特征对比表

Table 1 Comparison of the geophysical characters

	重力异常走向	重力异常值(mGal)	重力异常变化趋势	磁力异常走向	磁异常条带分析
东部次海盆	总体呈 EW 向	300 - 320	低 - 高 - 低 (N - S)	近 EW	条带 EW 向展布清晰;受浅部和深部磁源的共同控制;磁异常的形成与海底扩张有关
西南次海盆	NE 向	250 - 300	低 - 高 - 低 (NW - SE)	NE	条带 NE 向,主要受浅部磁源的控制;深部磁异常方向杂乱,深部磁源影响很小;磁异常形成是由于大陆边缘裂谷作用而在地壳上部发育的岩浆岩有关

以西地区以左旋 NW 向区域断裂占优势,属于特提斯 - 喜马拉雅构造域<sup>[17]</sup>。

### 3.3.1 西南次海盆断裂系统

图 6 可以反映,西南次海盆洋壳尖端插向 SW,并大致终止于 9°20'N,110°25'E 附近,受控于 NNE 或近 NS 向的张裂走滑体系。这些呈 SW 向的越东滨海断裂一端呈收敛趋势,另一端向 NE 呈撒开趋势。图 6 还显示,西南次海盆东南边缘有一条南沙北缘断裂带,走向约 NN65°E,由 4 条以上的断裂带组成,切割至岩石圈。断裂带两侧的重磁异常明显,西北侧的布格异常较高,东南侧异常降低,是一条明显的布格异常变化带<sup>[17]</sup>。地貌反差明显,垂直落差达 2km 以上,是一条张性断裂带。海盆的西北边缘是中沙东断裂带(图 6)向 SW 延伸部分,为海盆和陆坡的边界断裂,地貌反差强烈,是一条张性断裂带,同时又被若干 NW 向断裂带错断。

综上所述,西南次海盆的西北、东南边缘均呈 NE - NNE 向展布,属于陆缘扩张性断裂。中生代白垩纪以来,由于太平洋板块向欧亚大陆板块俯冲,产生弧后拉张,华南印支大陆在通过地幔上隆和地壳减薄作用下,产生了一系列 NE, NNE 向陆缘裂谷和断裂系,其间沉降了浅海相晚白垩世 - 中渐新世的地层并伴有基性岩浆的喷溢。

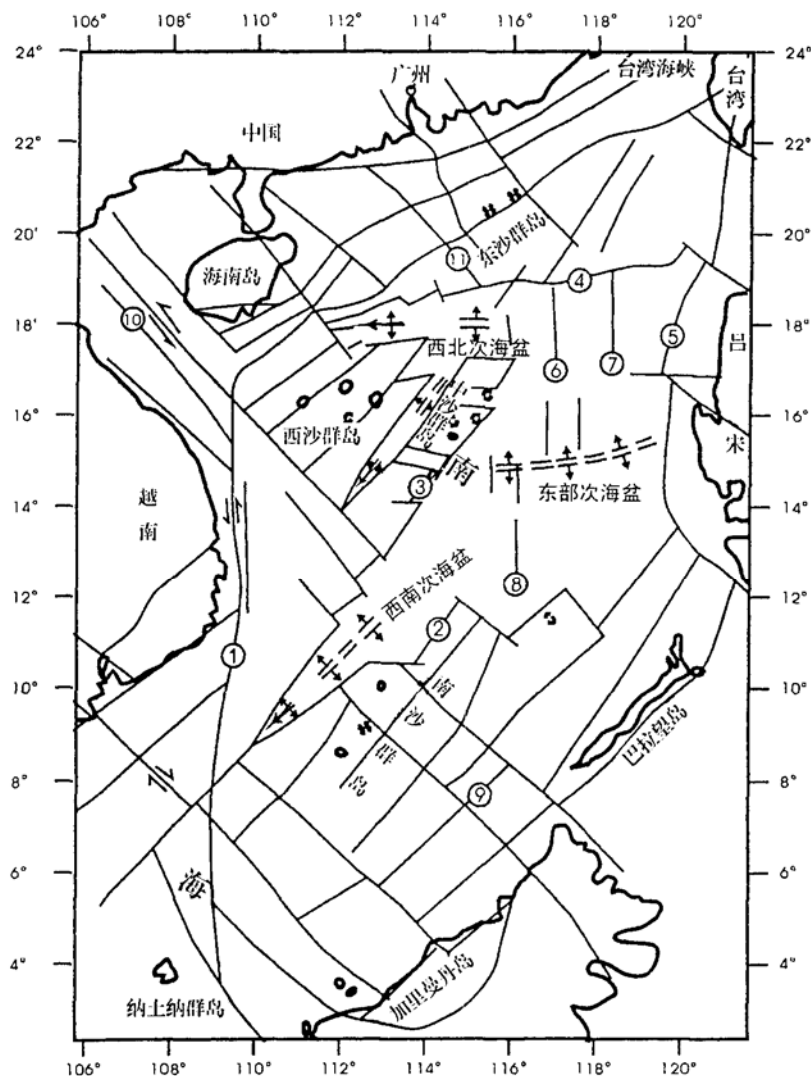
### 3.3.2 东部次海盆断裂系统

东部次海盆北端为南海海盆北缘断裂带(图 6)。在 19°N 左右,呈 NEE - EW 走向展布。往西和西沙北断裂相接,往东终止于巴布延海峡,长约 850km,为张性岩石圈断裂。断裂带南北地貌差别明显,北部为陆坡隆起带,南部为深海盆地。断裂带东段与台湾 - 菲律宾地震带交汇处地震频繁,说明仍在活动中。海盆的南端是若干条相互错断的断裂,大致呈 NW 向和 NE 向,构造活动强烈。NE 向是南沙北缘断裂带,是洋壳和陆壳的分界处,而 NW 向是红河系断裂带(图 6)的延伸部分,在西南海盆张开后被海盆切割,以后在东部次海盆 SN 向扩张后,继续向南移动,形成交错现象。

东部次海盆的中部和东西两侧,发育着一系列的 SN 向断裂,这些断裂的形成都和东部次海盆 SN 向的扩张相关。海盆中部有宪法暗沙断裂、115°E 断裂和 116°E 西断裂(图 6)。基底为海盆大洋玄武岩地壳,是东部次海盆 SN 向扩张时形成的,属于晚期新生断裂,并错断 EW 向扩张脊。东侧是马尼拉海沟断裂(图 6),现今仍在强烈活动。西侧是越东滨海断裂(图 6)是红河断裂带在南海的延伸部分,为一条长时间活动的断裂。该断裂在东部次海盆扩张过程中起到十分重要的作用,是东部次海盆扩张的西部调节断层。

### 3.3.3 西南次海盆与东部次海盆断裂系统对比和分析

以上分析表明,南海海盆内部的断裂走向以 NE 向和近 EW 向为主。NE 向的断裂构成了西南次海盆和东部次海盆西部的构造框架。NE 向断裂的形成与华南大陆上的 NE 向断裂具



① 越东滨海断裂(Yuedong seashore fault); ② 南沙北缘断裂带(north Nansha fault zone); ③ 中沙东断裂带(east Zhongsha fault zone); ④ 南海海盆北缘断裂带(Northern margin of SCS's basin fault zone); ⑤ 马尼拉海沟断裂(Manila Trench fault); ⑥ 116°E 断裂(116°E fault); ⑦ 118°E 断裂(118°E fault); ⑧ 宪法暗沙西断裂(west Xianfaansha fault); ⑨ 南沙海槽断裂(Nansha Through fault); ⑩ 红河断裂带(Red River fault zone); ⑪ 珠盆断裂带(Zhujiang mouth basin fault zone)

图 6 南海断裂构造纲要图(据刘以宣图简化)  
Fig. 6 The rupture map of the South China Sea

有相同的形成机制和时间,一般形成于燕山时期。喜马拉雅时期,由于构造活动中心东移,位于华南大陆上的 NE 向断裂相对稳定,形成时间较早,近 EW 向断裂发育时间比较晚,切割了 NE 断裂,EW 向断裂切割较深,可达岩石圈,常成为地幔物质上涌的通道。

#### 4 南海西南与东部次海盆形成机制探讨

南海处于太平洋构造域和特提斯构造域的结合部位,它的形成和演化是两个构造域共同



作用的结果。

白垩纪晚期,由于受太平洋板块向欧亚板块的发生的西向俯冲作用,中国东部地区开始处于弧后伸展的构造环境,发生了大规模断陷作用,产生了大量 NE-NNE 向的张性深大断裂及其由张性断裂所控制的陆缘断陷,进入了陆缘裂谷发育阶段。处于欧亚大陆东南缘的南海地区,一方面受太平洋构造域的影响,在太平洋构造域中该区具有中国东部地区的共同特征,即处于弧后伸展的构造环境,张性应力方向为 NW-SE 方向;另一方面受特提斯构造域的影响,该时期由于特提斯洋壳向欧亚大陆做最后俯冲,在强烈的 NE-SW 方向俯冲挤压应力作用下,在南海地区诱导产生了 NW-SE 方向的张应力。南海地区在两方面应力场作用下,形成了大量 NE 方向的裂陷。由于南海地区的裂陷作用远比中国东部的其它地区强烈,陆壳在伸展作用下完全断开,地幔物质上涌,岩浆作用强烈,在地壳内部形成了大量的基性和超基性岩浆岩,形成了在西南次海盆的浅部磁源。根据对称分布的地磁异常条带年龄和热流年龄分析<sup>[1]</sup>,强烈活动的时期应为中始新世至早渐新世(42~35Ma)。在这样的裂谷方式下,形成了以西南次海盆为代表的 NE 向大陆边缘裂谷型盆地。

自始新世(42~43Ma)起,太平洋板块边界发生了一系列的变化,俯冲方向由 NNW 改变为 NWW 向<sup>[18]</sup>,菲律宾海沟向欧亚板块东南缘俯冲;在中西沙和南沙之间形成 EW 向的断裂。位于巴拉望以南的古南海开始向南俯冲于婆罗州-吕宋岛弧带以下,板块的俯冲产生了南向的拖曳力<sup>[19,20]</sup>。与此同时,印度板块与欧亚板块发生碰撞,青藏高原隆升,新特提斯洋关闭。由于印度板块向欧亚板块的持续碰撞和挤入,地幔物质大规模的向东南侧迁移<sup>[21]</sup>,红河断裂带开始了长达 500 多 km 的大型左行平移活动<sup>[22~24]</sup>。在北部的 EW 方向和西部的近 NW 断裂的控制下,使得当时中、西沙-南沙共同组成的微板块脱离大陆向南运动。在这样的构造背景下,导致在南海东部次海盆地区发生了类似于洋中脊的海底扩张作用,形成了东部次海盆的 EW 向地球物理磁异常格局和构造格局。古南海俯冲和印支半岛挤出对于南海的张开作用是联合的,哪个方面起到更重要的作用,还值得探讨。

根据对南海地区的岩石样品调查发现,南海地区的海山主要在晚渐新世一早中新世海底扩张形成(表 2)。位于北部的玳瑁海山为橄榄拉斑玄武岩和石英拉斑玄武岩,同位素年龄测定为 13.95Ma(<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 法和稀释法)<sup>[15]</sup>,属于中中新世-晚中新世期间海盆扩张成洋壳后

表 2 南海海盆主要海山岩石特征及其形成时代

Table 2 Lithologic characters and formation time of the main seamount in South China Sea

岩带(区)名称	产状	岩石及其岩石组合	时期	成因
玳瑁海山	火山锥	橄榄拉斑玄武岩和石英拉斑玄武岩	中中新世—晚中新世	海盆扩张成洋壳后的喷出产物
黄岩岛—珍珠海山	呈近 EW 向延伸的链状火山	有一系列近 EW 向海底火山组成,岩石类型主要为橄榄拉斑玄武岩	晚中新世	海盆扩张成洋壳后的喷出产物
中南海山	盾状火山	大规模碱性玄武岩	上新世	海盆扩张成洋壳后的喷出产物
南海北部大陆架	NE 向岩带	大规模酸性侵入岩和火山岩	古新世 <sup>[15]</sup>	断裂活动引起的岩浆侵入和喷发
南海西南部昆仑岛、亚南巴斯—淡美兰岛南	NE、NEE 向岩带	大规模酸性侵入岩和火山岩	古新世 <sup>[15]</sup>	断裂活动引起的岩浆侵入和喷发

的喷出产物。位于东部次海盆中部的黄岩岛-珍珠海山是 EW 向展布的链状火山, 主要为橄榄拉斑玄武岩, 同位素年龄测定为  $9.7\text{Ma}^{[15]}$ , 是晚中新世海盆扩张成洋壳后的喷出产物。位于西南次海盆和东部次海盆交界处的中南海山是盾状火山, 主要是大规模的碱性玄武岩, 同位素年龄为  $3.5\text{Ma}^{[15]}$ , 是上新世海盆扩张成洋壳后的喷出物。因此可以说明东部次海盆地扩张事件开始于中新世时期, 并一直延续到第四纪。

### 参考文献(References):

- [1] 姚伯初, 曾维军. 中美合作调研南海地质专报. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994.  
Yao Bochu and Zeng Weijun. The special South China Sea Geology Report of China and United States' Cooperation Research. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1994.
- [2] 刘光鼎主编. 中国海区及邻区地质地球物理系列图(1:500 万). 北京: 地质出版社, 1992.  
Liu Guangding ed. The Geological and Geophysical Map of the China's Seas and Adjacent Areas (at a scale of 1:5000000). Beijing: Geological Publishing House, 1992.
- [3] 任纪舜. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿. 北京: 科学出版社, 1990.  
Ren Jishun. The Tectonic Revolution and the Mineral Formation of the in the Eastern China and Adjacent Area's Lithosphere. Beijing: Science Press, 1992.
- [4] 金翔龙. 南海地球科学研究报告. 东海海洋, 1989, 7(4): 21-29.  
Jin Xianglong. The geosciences research report in South China Sea. *Eastern China Sea*, 1989, 7(4): 21-29.
- [5] 何康声, 陈邦彦. 南海地质构造图. 南海地质地球物理图集. 广州: 广东地图出版社, 1987.  
He Liansheng and Chen Banyan. The Tectonic Map. The South China Sea Geological and Geophysical Atlas. Guangzhou: Guangdong Cartographic Press, 1987.
- [6] Taylor B and Hayes D E. The Tectonic Evolution of the South China Basin. in the Tectonic and Geological Evolution of Southeast Asian Seas and Islands. *Geophysical Monograph*, 1980, 27: 23-56.
- [7] 陈圣源. 南海磁力异常图. 南海地质地球物理图集. 广州: 广东地图出版社, 1987.  
Chen Shengyuan. Map of Magnetic Profiles. The South China Sea Geological and Geophysical Atlas. Guangzhou: Guangdong Cartographic Press, 1987.
- [8] 吕文正. 南海中央海盆条带磁异常特征及构造演化. 海洋学报, 1987, 9(10): 69-78.  
Lü Wengzheng. The characters of the magnetic anomaly and the revolution history in the South China Sea's central basin. *Chinese Oceanography*, 1987, 9(10): 69-78.
- [9] 姚伯初. 南海海盆在新生代的演化. 南海地质研究, 1991(3): 9-23.  
Yao Bochu. The revolution history in Cenozoic of South China Sea Basin. *Geological Research of South China Sea*, 1991, (3): 9-23.
- [10] Hayes D E, Spangler S, YAO B, ZHENG W, Taylor B, Briasis A. Age and Evolution of the South China Sea southwest subbasin. *EOS Trans. AGU*, 1987, 68: 1-496.
- [11] Hayes D E. The tectonic evolution of the Great South China Sea. *AAPG Bull*, 1990, 74: 978-992.
- [12] Briasis A, Petrial P, Tapponnier P. Updated interpretation of magnetic anomalies and seafloor spreading stages in the South China Sea. *Implication for the Tertiary Tectonics of Southeast Asia. J. Geophys. Res.*, 1993, 98(6): 299-328.
- [13] 杨森楠, 杨巍然. 中国区域大地构造学. 北京: 地质出版社, 1985.  
Yang Sennan and Yang Weiran. The Areal Geotectonics of China. Beijing: Geological Publishing House, 1985.
- [14] 李振武. 中美合作南海海洋地质调查中方报告(第一阶段)第一分册. 地矿部南海地质调查指挥部, 1981.  
Li Zhenwu. The South China Sea geology report of China and United States' cooperation research(The first period), Chinese part, the first fascicule. The headquarter of the South China Sea's geology research, The state Geology and Mineral Ministry. 1981.
- [15] 金庆焕主编. 南海地质与油气资源. 北京: 地质出版社, 1989.  
Jin Qinghuan ed. The geology and oil & gas resource of South China Sea. Beijing: Geological Publishing House, 1989.
- [16] 文百红, 段方道. 用于划分磁异常的新方法——插值切割法. 中国矿业学院学报, 1990, (21)3: 229-234.  
Wen Baihong and Duan Fangdao. A new interpolation cut method for identifying regional and local fields of magnetic

- anomaly. *J. Cent - South Inst. Min. Metal*, 1990, (21)3: 229-234.
- [17] 刘以宣. 南海新构造与地壳稳定性. 北京: 科学出版社, 1994.  
Liu Yixuan. The Neotectonic and the Crustal Stability of the South China Sea. Beijing: Science Presse, 1994.
- [18] 方迎尧, 周伏洪. 南海中央海盆条带状磁异常特征与海底扩张. 物探与化探, 1998, (22)4: 272-278.  
Fang Yinyao and Zhou Fuhong. The characters of the striped magnetic anomaly and the sea floor spreading of the South China Sea's central basin. *Geophysical and Geochemical Exploration*. 1998, (22)4: 272-278.
- [19] Robert Hall. Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asian and SW Pacific: computer-based reconstruction, model and animation. *Journal of Asian Earth Science*, 2002, 20: 353-431.
- [20] Hall R. Reconstructing Cenozoic SE Asia. In: Hall R, Blundell D, eds. Tectonic evolution of Southeast Asia. London: Geological Society Special Publication, 1996. 153-184.
- [21] 刘海龄, 杨树康, 周蒂, 等. 南沙北部伸展构造的基本特征及其动力学意义. 高校地质学报, 1998, 4(1): 64-72.  
Liu Hailing, Yang Shukan, Zhou Di, et al. Basin characteristics of extension structure in northern Nansha Islands, China and its dynamical implication. *Geological Journals of China Universities*. 1998, 4(1): 64-72.
- [22] Tapponnier P, Lacassin R, Leloup P H, et al. The Ailao Shan /Red River metamorphic belt Tertiary Left-lateral shear between Indochina and South China. *Nature*. 1990, 343: 431-437.
- [23] Schärer U, Zhang L, Tapponnier P. Duration of strike-slip movement in large shear zone, the red river belt, China. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1994, 126: 379-397.
- [24] Rangin C, Klein M, et al. The Red River fault system in the Tonkin Gulf, Vietnam: *Tectonophysics*, 1995, 243: 209-222.

## Geological and Geophysical Analysis of the Southwestern and Eastern Sub-Basins, South China Sea

DING Wei-wei<sup>1,3</sup>, CHEN Han-lin<sup>1,3</sup>, YANG Shu-feng<sup>1</sup>, CHU Feng-you<sup>2,3</sup>

(1. Department of Geosciences, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. The Second Institute of the State Oceanic Association, Hangzhou 310012, China; 3. The Key Lab of Submarine Geoscience of the SOA, Hangzhou 310012, China)

**Abstract:** In this paper, we will compare and analyse the geologic and geophysics characters of the Eastern and Southwestern Sub-basins of the South China Sea (SCS) and discuss the SCS's tectonic evolution history.

The results of studies suggest that the magnetic anomalies and the gravity anomalies of Eastern Sub-basin are in EW direction but in NE direction in the Southwestern Sub-basin. In both Sub-basins the Bouguer gravity anomalies in the central part are bigger than in the margins. This indicates that below the central part exists high density matter, which could be closely related to the spreading of the basin and the invasion of high density matter from the mantle.

A computational process called the Interpolation Cut Methods was used to analyse the magnetic anomalies of the two Sub-basins. Results of the analyse indicate that the magnetic anomalies of the Southwestern Sub-basin is mainly affected by the shallow magnetic sources above about 5km in NE-SW direction. Below 5km, the magnetic anomalies become blur, and the intensity decreases. The magnetic anomalies of the Eastern Sub-basin is not only affected by the shallow magnetic source above 5km, but also affected by the deep source. They are all in EW direction. The differences between the two Sub-basins reflect the different tectonic mechanisms.

Most faults in SCS exist in the conjunctural area of the Circum-Pacific tectonic belt and the

Tethys tectonic belt and are effected by both belts. The faults in SCS basin is mostly in NE and near EW directions. The NE direction faults formed the structure frame work of the Southwestern Sub-basin and the western part of the Eastern Sub-basin. The formation of the NE direction faults are same in the mechanism and time as the faults in the Eastern China, which were commonly formed in Yanshanian stage. In the Himalayan stage, because the main tectonic point moved to east, the NE direction faults of the Southeast China formed earlier and was relatively stable; the EW direction faults formed later and then cut across the NE direction faults. Because the EW direction faults cut very deep and can even reach the lithosphere, they often formed the gushing channels of earth mantle.

The South China Sea is located in the conjunctional areas of the Pacific and the Tethys tectonic belts. Its evolution was affected by both the tectonic belts. The SCS was affected by the Pacific tectonics same as the Eastern China. Both SCS and the eastern China were in back-arc extension tectonics of NE-SW direction. These areas were also affected by the Tethys tectonics. In this stage, the Tethys oceanic crust finally subducted under the Eurasia plate. Combined with the strong NE-SW extensional stress, extensional stress in NW-SE direction was formed in the SCS. Therefore, in the action of the two stresses, many graben basins in NE direction appeared in the SCS. As the extension were stronger than in other places of the Eastern China, the SCS crust was completely taken up and intruded by deep magma. Basic-ultrabasic rocks in the crust are the shallow magnetic sources in the Southwestern Sub-basin.

After Eocene(42-43Ma) we saw the most important change in the Pacific boundaries. Its subduction direction changed from NNW to NWW. The Pacific subducted at the Philippine trench beneath the Eurasia and formed NEE – EW direction rifts between the Zhongsha-Xisha islands and Nansha Islands. According to the reconstruction of the SE Asia, Hall suggested that the opening of the West Philippine sea and the West Sulawesi Sea triggerd the Southward subduction of the Proto-South China Sea at the North Borneo-Luzon Arcs, and caused the N-S orientation extension of the South Chinese margin and the southward slab-pull force. Simultaneously the Indian began its collision with the Eurasia and led the uplift of the Tibet and close of Tethys. For the continuous collision, the mantle moved in large scale on SE direction and the Indochina plateau extruded. The Red River zone started its left-lateral slip nearly more than 500 kms. In the control of the NEE-EW direction faults in the north margin and the NW direction one in the west, the micro-plate composed of the Zhongsha Is, Xisha Is and the Nansha Is broke away from the main continental and moved southward. Finally The sea floor spreading like the oceanic ridge took place. The Eastern sub basin in EW direction came into being. The pattern of the magnetic anomalies and the structure are all in EW direction.

**Key words:** Southwestern Sub-basin; Eastern Sub-basin; geophysics characters; active rupture; tectonic mechanism