

南海北部新生代构造迁移特征

赵 卫^{1,2}, 方念乔³, 詹华明^{1,2}, 刘 豪³, 宫少军^{1,2}, 乔吉果^{1,2}

(1 天津市海洋地质勘查中心, 天津 300170; 2 天津华北地质勘查局地质研究所, 天津 300170;

3 中国地质大学(北京)海洋学院, 北京 100083)

摘 要:选择南海北部比较有代表性的珠江口、琼东南和中建南 3 个盆地作为研究区, 对所获取的剖面进行了地震解释工作, 运用地震地层学和构造地质学等方法对我国南海北部新生代演化史开展研究, 探讨了南海北部陆缘各区域构造演化差异及规律。结果表明, 南海北部陆缘构造活动在时序上存在着迁移的特征, 体现出自北向南“珠江口盆地→琼东南盆地”、“珠江口盆地→中建南盆地”构造事件逐渐变晚的趋势。因此, 南海北部陆缘破裂从北部开始, 以“撕裂”的方式逐渐向南推进, 同时排除了红河断裂的叠加影响, 南海北部自北向南断陷活动强度逐渐减弱。在其后的演化中, 构造沉降与物质充填中心的迁移以一种更加复杂的方式进行。

关键词:新生代; 断—坳过渡期; 构造迁移; 构造演化差异; 南海

中图分类号: P736.1

文献标识码: A

新生代的南海及其周缘地区, 其构造属性与西太平洋的弧后扩张作用基本无关, 却表现出与大西洋扩张作用相类似的被动陆缘张裂特征。从晚白垩世到新生代, 研究区发生过 2 次海底扩张, 第 1 次海底扩张发生在晚始新世—早渐新世, 扩张方向为 NW—SE 向, 产生了南海西北海盆和西南海盆; 第 2 次海底扩张是在晚渐新世—早中新世进行的, 形成了南海中央海盆^[1]。在多次的扩张过程中, 整个岩石圈发生拉伸、减薄和裂陷作用, 在南海中、北部大陆边缘发育了一系列的 NE 走向的阶梯状正断层, 形成离散型或拉张型的大陆边缘^[2,3]。虽然南海中北部陆缘总体上呈 NE 向展布, 但是位于该地区东部的珠江口盆地潮汕、珠一、珠二坳陷等构造单元主要为 NEE 走向, 而西部的珠江口盆地珠三坳陷直至琼东南盆地

走向主要为 NNE—NE 向^[4]。研究区内东、西部新生代基底沉降结构也存在着差别, 东部地区沉降结构呈早期剧烈沉降、中晚期稳定缓慢沉降的趋势; 而在西部地区则呈现出早期稳定沉降, 中晚期快速沉降的特点。经测算, 东部的最大沉降速率为 200 m/Ma, 西部仅有 93 m/Ma, 以上特征都显示了南海北部陆缘新生代盆地演化进程的明显差异。

因此, 要揭示南海全区的演化过程, 从单一的一个盆地进行研究是远远不够的, 本文从珠江口盆地、琼东南盆地和中建南盆地 3 个区域的地球物理资料进行横向对比, 划分大的区域性构造运动界面, 以探讨南海新生代的一些演化规律。

1 研究区概况

南海是西太平洋边缘海群中最大的边缘海。太平洋、欧亚、印度—澳大利亚三大板块的相互作用很大程度上影响着该地区的演化与沉积充填, 造就了复杂的地质作用以及多变的构造现

收稿日期: 2013-01-14

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)子课题“南海新生代大陆边缘地层年代框架”(2007CB411704)

作者简介: 赵 卫(1985—), 男, 硕士, 主要从事海洋地质与灾害地质研究工作。E-mail: zhaowei1228@126.com

象^[5,6],因而具有特殊的大地构造意义。南海作为构造枢纽,连接着多种不同属性的构造域,在地理位置上,北靠华南加里东褶皱区,西临印支地块,南抵南沙海槽,与北加里曼丹俯冲—逆冲推覆带相拼接,东连马尼拉海沟,与吕宋岛弧区接壤^[7]。南海中北部自西向东发育了众多不同类型的新生代沉积盆地,主要有北部湾盆地、莺歌海盆地、中建南盆地、琼东南盆地、珠江口盆地和台湾南盆地等(图 1)。

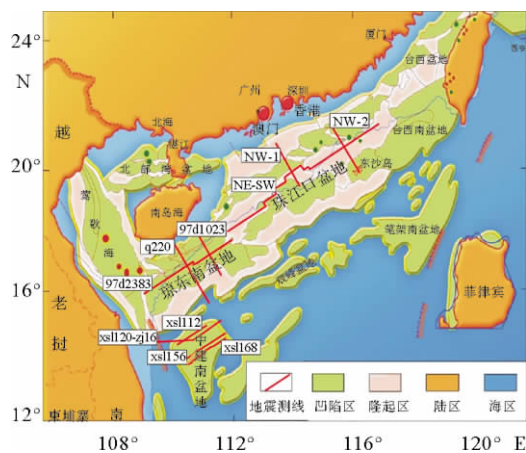


图 1 南海北部盆地分布(据文献[8]修改)

Fig. 1 Distribution of basins in the northern South China Sea(modified from reference [8])

在中生代时,南海就受到中特提斯和古太平洋的双重影响,经历了多次海退—海侵旋回沉积^[9,10]。在新生代,南海的构造活动十分的活跃,目前较主流的观点是,南海北部陆缘在新生代发生过 4 次大的区域构造运动(表 1),分别是神狐运动、珠琼运动(分为珠琼运动一幕和二幕)、南海运动、东沙运动,这使得构造发生了多期次的叠加,研究构造演化的难度增大。

2 构造沉积记录与南海开裂期重大事件

南海北部陆缘盆地大体上在古近纪末期和新近纪初期结束断陷作用,开始接受坳陷沉积,因此,这一时期盆地的沉积构造特征直接反映了南海开裂期的演化规律。

表 1 南海北部新生代构造运动划分对比(据文献[11]修改)

Table 1 Correlation of Cenozoic tectonic movements (modified from reference [11])

地质年代 及代号	构造运动划分方案			
	方案a	方案b	方案c	方案d
更 全新 世 N ₁ —Q				
新 上新世 N ₂				
新 渐新世 N ₃ ¹	南沙运动	东沙运动	南沙运动	东沙运动
新 中新世 N ₃ ²				
新 中新世 N ₃ ³	南海运动			
古 渐新世 E ₃ ²			南海运动	南海运动
古 渐新世 E ₃ ³				
古 渐新世 E ₃ ⁴	西卫运动	南海运动	西卫运动	珠琼运动二幕
古 始新世 E ₂ ²				珠琼运动一幕
古 始新世 E ₂ ³				
古 始新世 E ₂ ⁴				
古 渐新世 E ₁	礼乐运动	神狐运动	礼乐运动	神狐运动
前古近纪 PreE				

2.1 断陷盆地双层(三层)结构

构造因素在陆相断陷盆地形成中发挥了重要的控制作用^[12,13],影响着陆相盆地的产生、发展与演化进程。“下断上坳”式的双层或“断陷—断坳—坳陷”式的 3 层结构是中国古近纪—新近纪陆相断陷盆地的典型特征,这是由纵向上不同构造层序的特征决定的,其分界为区域性的角度不整合面。下构造层代表了盆地发育早期裂陷作用而形成的相互独立的半地堑—地堑式构造沉积充填的产物,上构造层代表了盆地发育晚期裂后热沉降期形成的坳陷式沉积充填的产物^[14]。

2.2 断—坳转换期盆地剖面特征

2.2.1 珠江口盆地

珠江口盆地形成于晚白垩世末—古近纪初期,新生代以来盆地共经历了神狐运动、珠琼运动一幕、珠琼运动二幕、南海运动及东沙运动^[15,16],在地震剖面上分别形成了 T_g 、 T_{90} 、 T_{70} 、 T_{60} 和 T_{20} 不整合面。

在珠江口盆地的工区选取了 3 条测线,1 条 NEE 走向的跨越整个工区的长测线 NE-SW(图 1);另 2 条是与之垂直的测线 NW-1 和 NW-2。由于珠琼运动一幕和珠琼运动二幕时期沉积物多发育在凹陷的底部,不整合面不容易识别,且难以横向对比,因此,在地震测线剖面上,只识别了 4

个构造运动面(图 2): T_g 、 T_{70} 、 T_{60} 和 T_{20} 。其中, T_{70} 和 T_{60} 界面特征表现为下伏地层的削截和上覆地层的上超特征,说明此时段经过强烈的构造运动或切割侵蚀,为重要的沉积转换面。珠江口盆地到早渐新世末期(T_{70} 界面)断陷期结束,盆地进入断—拗转换时期,一直持续到晚渐新世末(T_{60} 界面),之后盆地发生区域沉降,开始接受拗陷沉积。因此,盆地构造演化经历了断陷、断—拗转换、拗陷 3 个阶段(图 2)。

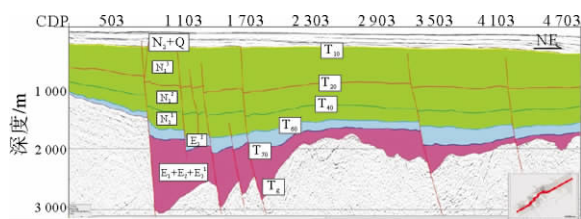


图 2 珠江口盆地 NE-SW 测线层序地层格架

Fig. 2 Sequence stratigraphic framework of the NE-SW line in the Pearl River Mouth Basin

2.2.2 琼东南盆地

琼东南盆地为新生代陆缘拉张盆地,盆地构造演化与南海扩张息息相关,同时裂陷发育时期受到了红河断裂走滑作用和菲律宾板块挤压作用双重构造应力的制约^[17,18],在新生代以来共经历了神狐(礼乐)运动、南海运动和东沙运动。在地震剖面上分别对应着 T_g 、 T_{60} 和 T_{40} 不整合面。

在琼东南盆地的工区选取了 3 条测线,1 条是 NEE 走向的测线 97d2383;另 2 条是与之垂直的测线 q220(图 1)和 97d1023。在剖面上划分了 5 个不整合面: T_g 、 T_{70} 、 T_{60} 、 T_{40} 和 T_{20} (图 3)。

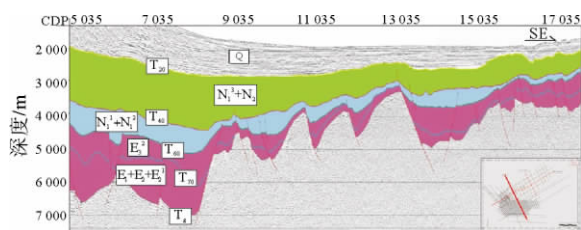


图 3 琼东南盆地 q220 测线的层序地层格架

Fig. 3 Sequence stratigraphic framework of the line-q220 in the Qiongdongnan Basin

在上述各层序界面中, T_{70} 界面(早渐新世末)和 T_{60} 界面(晚渐新世末)为 2 个较大的相对海平

面下降事件的响应界面,在地震剖面上的特征表现出对下伏地层的强烈下切和削蚀,构成了琼东南盆地古近系重要的古地理变迁面和沉积充填转换面。此外, T_{40} 界面(中中新世末)分割了断拗和拗陷阶段,为新近系重要的充填转换面。

琼东南盆地到晚渐新世末(T_{60} 界面)断陷期结束,盆地进入断—拗转换时期,一直持续到中中新世末(T_{40} 界面)盆地进入热沉降阶段,开始接受拗陷沉积。因此,盆地构造演化经历了断陷、断—拗转换、拗陷 3 个时期(图 3)。

2.2.3 中建南盆地

中建南盆地形成于古近纪初期,新生代以来的神狐(礼乐)运动、西卫运动、南海运动、万安运动和南海整体沉降运动都在本区有所响应^[19,20],但对盆地演化影响最大的几次新生代构造活动主要有 3 次:神狐(礼乐)运动(K_2-E_1)、西卫运动($E_2^2-E_2^3$)和万安(东沙)运动($N_1^2-N_1^3$)。在地震剖面上分别对应着 T_g 、 T_5 和 T_3 不整合面。

在中建南盆地的工区选取了 4 条测线,沿 NW—SE 方向依次为 xsl112、xsl120-zj16、xsl156 和 xsl168(图 1)。

中建南盆地各地震反射界面为不同地质年代的区域不整合界面,具有不同反射特征。 T_5 和 T_3 界面之下地层的削蚀特征较为明显,为盆地演化过程中重要的构造界面,而在珠江口盆地和琼东南盆地均出现构造界面的早渐新世末和晚渐新世末则表现为一定程度上的连续沉积特征,无明显响应。

中建南盆地从中始新世晚期(T_5 界面)开始断陷期结束,盆地进入断—拗转换时期,一直持续到中中新世晚期(T_3 界面)盆地进入热沉降阶段,开始接受拗陷沉积。因此,盆地构造演化经历了断陷、断拗—压扭或走滑反转、区域沉降共 3 个时期(图 4)。

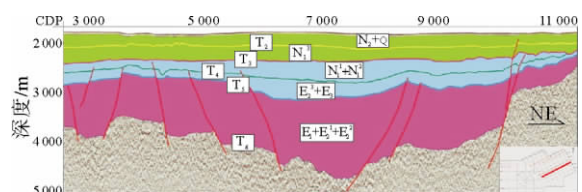


图 4 中建南盆地 xsl168 测线的层序地层格架

Fig. 4 Sequence stratigraphic framework of the line-xsl168 in the Zhongjiannan Basin

3 南海北部区域构造迁移与差异性演化

3.1 构造迁移的表现

构造迁移是以构造运动为研究对象的,一般指在同一时期内的不同地区以及不同时期内相同地区或不同地区的构造活动性质、规模和强度随着区域地球动力场的改变而呈现出一定方向的规律性的变化。构造迁移的概念将不同期次的构造运动联系起来^[21]。不同类型的构造迁移意味着完全不同的成因在起作用,是特定区域动力学机制下的产物,因此,构造迁移类型是鉴别不同地球动力学机制相当重要的标志之一^[22]。

南海北部新生代盆地在发育和演化阶段上存在着明显的不等时性,具有构造迁移现象,这种迁移在众多地质现象中均具有特征性的体现,包括地层沉降速率、构造沉降幅度、盆地拉伸系数、相似沉积—构造层序形成的时序性和主要构造事件发生时间等方面^[22]。

3.2 构造迁移方向

关于南海北部构造迁移的方向,前人作出了卓有成效的工作,主要有 2 种观点:①自北向南、自东向西构造运动发生时间具逐渐变晚的趋势^[23];②以珠江口盆地为界将南海北部分为东、西 2 段,其构造活动发生的时间在西段表现为自 NW 向 SE、在东段表现为自 W 向 E 逐渐变晚的趋势^[24-26]。

结合现阶段的地震剖面工作,可以从 2 个方面归纳南海北部陆缘构造迁移的特点:

(1) 幕式裂陷事件

南海北部大陆边缘盆地具有幕式裂陷的特征,包括 3 期裂陷事件:晚白垩世末—早始新世、中始新世—早渐新世和晚渐新世^[2,27]。第 1 期裂陷事件在南海北部诸盆地均有所响应,基本是盆地开始形成的时段,代表了盆地初始裂陷的开始。珠江口盆地和中建南盆地的形成时间都是晚白垩世末—古近纪初,琼东南盆地由于未钻遇始新统以下地层,确切形成时间尚不明确,但从地震资料的分析可推测出其始新统地层是陆相湖盆沉积体

系。也有学者认为琼东南盆地裂陷作用开始于始新世,止于中新世早期^[27,28],所以,琼东南盆地在形成时间上,即盆地初始裂陷的时间很可能要晚于珠江口盆地和中建南盆地。

中始新世到早渐新世(第 2 期裂陷事件)在珠江口盆地代表了 T_g-T_{70} 的后期时段,之后珠江口盆地就由断陷期进入了断拗转换期。晚渐新世(第 3 期裂陷事件)在琼东南盆地代表了 $T_{70}-T_{60}$,之后琼东南盆地就由多幕裂陷期进入了区域热沉降阶段。这是这 2 个盆地可以横向进行对比的构造阶段,为盆地经断陷作用之后的第 2 个演化阶段,即珠江口盆地的 T_{70} 界面(早渐新世末)对应着琼东南盆地的 T_{60} 界面(晚渐新世末),所以琼东南盆地在断陷的结束时间上也是晚于珠江口盆地的。

(2) 地震剖面特征

在地震剖面上,可以从断陷期、断拗转化期和拗陷期的主要界面来分析构造迁移的趋势。如图 5 所示,3 个盆地中,珠江口盆地在早渐新世末结束断陷期,这要早于琼东南盆地的晚渐新世末;而中建南盆地在中始新世末(T_5 界面)最早结束断陷期,此时红河断裂进入左旋走滑阶段,很可能影响了中建南盆地断陷期的发育,因此,排除红河断裂带对南海北部区域的干扰因素,认为从珠江口盆地到琼东南盆地构造事件发生的时间逐渐变晚。

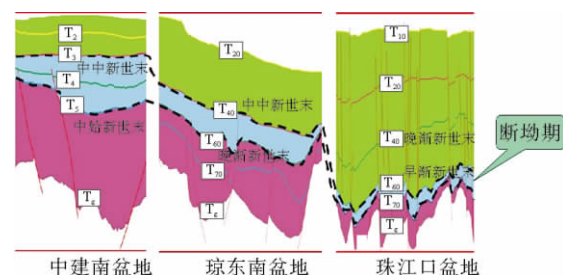


图 5 盆地间断拗期对比

Fig. 5 Correlation of the transitional stage from rift to sag among basins

断陷构造活动结束之后,盆地演化进入断—拗过渡期,珠江口盆地在地震剖面上的响应时段为 T_{70} 与 T_{60} 界面之间,时间为晚渐新世;琼东南盆地的 T_{60} 和 T_{40} 界面为断—拗过渡期,时间为

早、中中新世;中建南盆地的 T_5 和 T_3 界面为断—拗过渡期,时间为晚始新世—中中新世。

因此,剔除红河断裂对中建南盆地的早期影响,在不考虑其 T_5 界面(晚始新世)的前提下,中建南盆地断拗转换的结束时间与琼东南盆地属同时期,都比较晚。南海北部仍表现为自北向南构造事件发生时间变晚的趋势。

珠江口盆地拗陷沉积开始时间为晚渐新世末(T_{60}),琼东南盆地和中建南盆地都为中中新世末期,此时,红河断裂已进入沉寂期,中建南盆地可以纳入南海北部进行盆地间对比,同样支持上述结论,即南海北部自北向南构造事件发生时间逐渐变晚(图 6)。

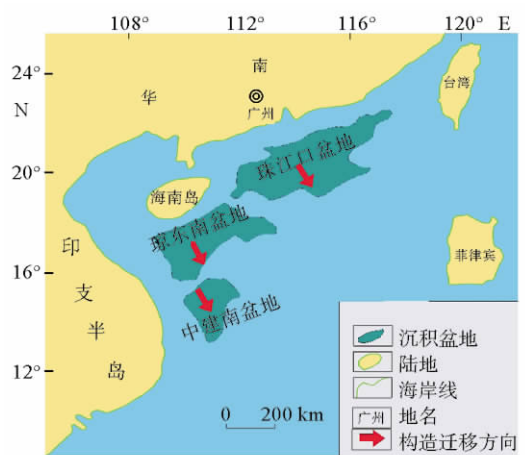


图 6 南海北部构造迁移方向

Fig. 6 Direction of tectonic migration in the northern South China Sea

4 结论

以南海北部陆缘新生代沉积盆地的地震剖面为切入点,主要取得了以下几点认识:

(1) 南海西、北陆缘构造迁移

南海北部从渐新世开始体现出自北向南“珠江口盆地→琼东南盆地”、“珠江口盆地→中建南盆地”构造事件发生时间逐渐变晚的趋势。晚中新世至今,各盆地的演化在时间上又重新趋于一致,只是在构造活动强度上有所差别。

(2) 区域构造演化差异性和统一性

早渐新世末与晚渐新世末 2 个时段中,珠江

口盆地和琼东南盆地地震剖面均有强烈的响应,而中建南盆地在剖面响应上则表现出明显的差异性。但区域应力场的改变在南海北部形成了影响范围最大的构造运动时期,盆地演化进程又具有同步性特点,沉积盆地区域性不整合面的发育,仍表明这是南海北部重要的沉积充填转换时期和古地理变迁时期。

(3) 南海北部早期破裂时序

南海北部早期破裂从北部开始,以“撕裂”的方式逐渐向南推进,同时排除红河断裂的叠加影响,南海北部自北向南断陷活动强度逐渐减弱。其后的演化中,构造沉降与物质充填中心的迁移以一种更加复杂的方式进行。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 龚再升, 李思田. 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.
- [3] 张 健, 汪集旻. 南海北部陆缘带构造扩张的深部地球动力学特征[J]. 中国科学(D 辑), 2000, 30(6): 561-567.
- [4] 高红芳. 南海北部陆缘东、西部新生代沉积盆地基底特征对比分析[J]. 南海地质研究, 2008(1): 23-34.
- [5] 杨金玉. 南海海盆形成演化模式概述[J]. 海洋地质动态, 1998, 14(8): 8-10.
- [6] 黎明碧, 金翔龙. 中国南海的形成演化及动力学机制研究综述[J]. 科技通报, 2006, 22(1): 16-20.
- [7] 刘海龄, 阎 贫, 张伯友, 等. 南海前新生代基底与东特提斯构造域[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(1): 15-28.
- [8] 朱伟林, 张功成, 高 乐. 南海北部大陆边缘盆地油气地质特征与勘探方向[J]. 石油学报, 2008, 29(1): 1-9.
- [9] 夏戡原, 黄慈流. 南海中生代特提斯期沉积盆地的发现与找寻中生代含油气盆地的前景[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 227-238.
- [10] 周 蒂, 陈汉宗, 孙 珍, 等. 南海中生代三期海盆及其与特提斯和古太平洋的关系[J]. 热带海洋学报, 2005, 24(2): 16-25.
- [11] 蔡周荣, 刘维亮, 万 志, 等. 南海北部新生代构造运动厘定及与油气成藏关系探讨[J]. 海洋通报, 2010, 29(2): 161-165.
- [12] Liu S F. Upper Triassic—Jurassic sequence stratigraphy and its structural controls in the western Ordos Basin, China[J]. Basin Research, 2000(1): 1-18.
- [13] 林畅松. 沉积盆地的构造地层分析——以中国构造活动盆地研究为例[J]. 现代地质, 2006, 20(2): 185-194.
- [14] 王 华, 廖远涛, 陆永潮, 等. 中国东部新生代陆相断陷盆地层序的构成样式[J]. 中南大学学报(自然科学版),

- 2010, 41(1): 277-285.
- [15] 邵磊, 雷永昌, 庞雄, 等. 珠江口盆地构造演化及对沉积环境的控制作用[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2005, 33(9): 1 177-1 181.
- [16] 赵中贤, 周蒂, 廖杰. 珠江口盆地第三纪古地理及沉积演化[J]. 热带海洋学报, 2009, 28(6): 52-60.
- [17] 谢文彦, 张一伟, 孙珍, 等. 琼东南盆地断裂构造与成因机制[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2007, 27(1): 71-78.
- [18] 钟志洪, 王良书, 李绪宣, 等. 琼东南盆地古近纪沉积充填演化及其区域构造意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(1): 29-36.
- [19] 陈玲, 钟广见. 南海中建南盆地地震地层分析[J]. 石油物探, 2008, 47(6): 609-616.
- [20] 高红芳, 陈玲. 南海西部中建南盆地构造格架及形成机制分析[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(4): 512-516.
- [21] 姜春发, 朱松年. 构造迁移论概述[J]. 地球学报, 1992, 13(1): 1-14.
- [22] 夏斌, 吕宝凤, 吴国干, 等. 南海北部新生代盆地构造迁移及其对烃源岩的制约作用[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(5): 629-634.
- [23] 周蒂, 陈汉宗, 吴世敏, 等. 南海的右行陆缘裂解成因[J]. 地质学报, 2002, 76(2): 180-190.
- [24] 吴世敏, 丘学林, 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.
- [25] 闫义, 夏斌, 林舸, 等. 南海北缘新生代盆地沉积与构造演化及地球动力学背景[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(2): 53-61.
- [26] 吕宝凤, 袁亚娟. 南海北部深水盆地沉积—构造的差异性及其油气意义[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(4): 441-447.
- [27] Ru K, Pigott J D. Episodic rifting and subsidence in the South China Sea[J]. AAPG Bulletin, 1986, 70(9): 1 136-1 155.
- [28] Chen P H, Chen Z Y, Zhang Q M. Sequence stratigraphy and continental margin development of the northwestern shelf of the South China Sea[J]. AAPG Bulletin, 1993, 77(5): 842-862.

CENOZOIC TECTONIC MIGRATION IN THE NORTHERN SOUTH CHINA SEA

ZHAO Wei^{1,2}, FANG Nianqiao³, ZHAN Huaming^{1,2},
LIU Hao³, GONG Shaojun^{1,2}, QIAO Jiguo^{1,2}

(1 Tianjin Exploration Center of Marine Geology, Tianjin 300170, China;

2 Institute of Geology, Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Tianjin 300170, China;

3 School of Ocean Sciences, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: We selected the Pearl River Mouth Basin, the Qiongdongnan Basin and the Zhongjiannan Basin as the three targets for study of the Cenozoic tectonic migration in the Northern South China Sea. Interpretation was carried out for the seismic profiles across the above basins. Integrated methods, such as seismostratigraphy, structural geology and others, were adopted to reveal the Cenozoic tectonic evolution of the northern South China Sea and the tectonic evolutionary pattern of each basin in order to find out the history of tectonic migration and regional differences on the northern margin of the South China Sea. The results proved that Cenozoic tectonic migration did happen in this region following N-S direction. Tectonic events became gradually younger from the Pearl River Mouth Basin to the Qiongdongnan Basin and from the Pearl River Mouth Basin to the Zhongjiannan Basin. The rifting apart of the South China Sea started from the north, and gradually moved southward. In spite of the influence of the Red River fault zone, the intensity of the rifting process became weaker from north to south as well. The tectonic migration would certainly make the tectonic pattern of subsidence as well as depositional centers more complicated.

Key words: Cenozoic era; rift to sag stage; tectonic migration; differences of regional evolution; South China Sea