

# 神狐——统暗沙隆起中部 新生代地层层序划分及沉积演化<sup>①</sup>

黎明碧<sup>1 2</sup> 金翔龙<sup>2</sup> 初凤友<sup>2</sup> 李家彪<sup>2</sup> 陈汉林<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>浙江大学 杭州 310027) (<sup>2</sup>国家海洋局海底科学重点实验室 杭州 310012)

**摘要** 利用中德合作“南海地球科学联合研究”SO-49 航次所采集的地震测线,对南海北部陆缘神狐——统暗沙隆起中部的新生代地层层序进行了划分,并与北部的珠江口盆地的层序进行了对比。共识别出 SB<sub>1</sub>、SB<sub>2</sub>、SB<sub>3</sub>、SB<sub>4</sub> 和 T<sub>g</sub> 5 个主要反射界面,对比表明:T<sub>g</sub>反射面为新生界基底反射,SB<sub>1</sub>、SB<sub>2</sub>、SB<sub>3</sub>、SB<sub>4</sub> 相当于珠江口盆地的二级层序界面,层序界面年龄分别为:10.5 Ma、21.0 Ma、25.0 Ma、39.4 Ma。在此基础上,对隆起区新生代沉积环境及其演化进行了分析,认为隆起区新生代沉积经历了断陷湖泊—滨浅海—深海相的演变过程,隆起区主要隆升时期为晚渐新世—早中新世。并就珠江口盆地早第三纪海侵方向和隆起的成因进行了初步探讨。

**关键词** 神狐——统暗沙隆起 层序 沉积环境 演化

**第一作者简介** 黎明碧 男 1963 年出生 高级工程师 在职博士生 海洋地质地球物理

**中图分类号** P539.2 **文献标识码** A

神狐——统暗沙隆起带位于南海北部陆坡南缘(图 1),由神狐隆起和一统暗沙隆起组成,走向为东西—北东向。研究区位于神狐——统暗沙隆起带的中部,珠江口盆地珠二坳陷的南部,也称“珠二坳陷南缘隆起带”<sup>[1]</sup>或“南部隆起”。区内水深大约 100 0 ~ 300 0 m,是南海北部陆坡和南海中央海盆的过渡带。

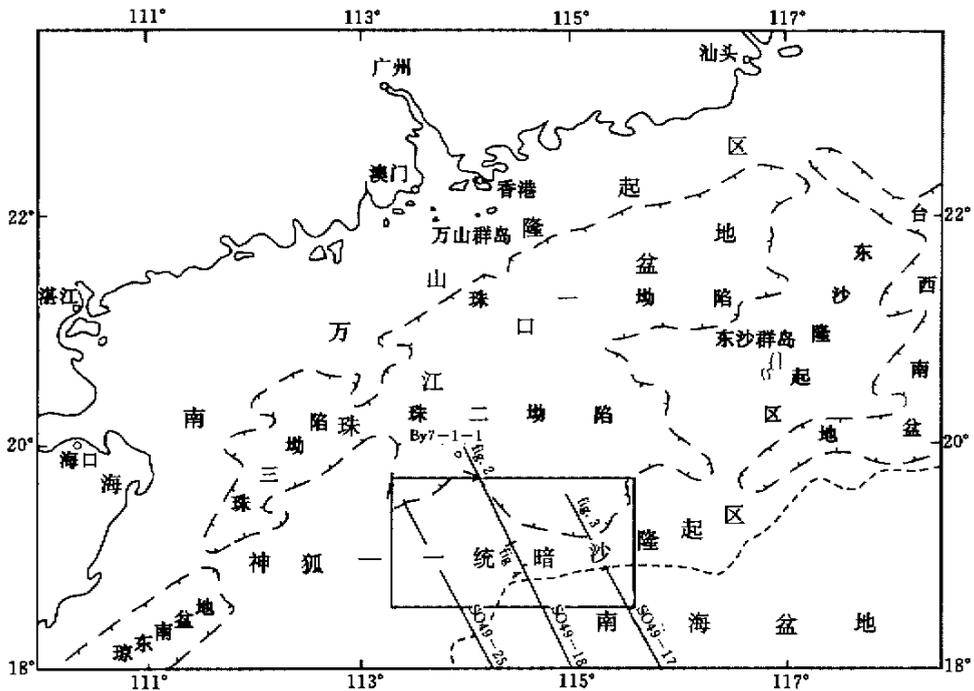


图 1 研究区及地震测线位置图(构造区划据文献[5])

Fig. 1 The Location of the study area and seismic lines (Tectonic division from referenc[5])

① 国家重点基础研究发展规划项目(编号:G20000467)资助

由于该区位于洋壳与陆壳的过渡区,又是北部珠江口盆地和南部中央海盆的分隔带,因此,该区的沉积和构造演化对研究珠江口盆地的沉积环境演变及油气条件,以及南海扩张对北部陆架盆地的影响等均有重要意义。

本文利用中德合作“南海地球科学联合研究”SO-49航次所采集的地震测线,对研究区的新生代地层进行了地层层序划分,并与中国海洋石油总公司南海东部石油公司完成的珠二坳陷的层序地层划分和ODP184航次的1148钻孔的分析结果进行了对比,分析本区的沉积及演化特征,并就珠江口盆地渐新世的海侵和隆起带的发育史等进行了初步讨论。

### 1 层序划分与对比

#### 1.1 层序界面特征

根据地震反射特征,包括连续性、振幅、频率、反射终止(如上超、削截、下超)等,在本区的新生代地层中识别出了5个主要反射界面(图2.3),自上而下分别命名为SB<sub>1</sub>、SB<sub>2</sub>、SB<sub>3</sub>、SB<sub>4</sub>、T<sub>g</sub>,各反射界面的特征简述如下:

SB<sub>1</sub>:由2~3个相位组成的连续强反射,与海底反射面近于平行,横向上易于追踪,界面以上为水平、平行连续反射,界面下为高频、连续性差中—强反射。界面上朝陆架方向有明显上超,近海盆地区有下超;界面下有明显削截,是一个区域不整合面。在海盆附近的隆起上与T<sub>g</sub>重合。

SB<sub>2</sub>:一般由两个相位组成,为中频、连续性好的中—强反射,呈水平分布或向海盆方向倾斜,在SO49-17测线西北段可见一明显转折,可能为古陆架坡折点,经一段陡坡过渡后转为以水平分布为主。界面上在倾斜部位发育上超反射特征,局部发育小—中型的深切谷,深切谷内为向两侧超覆的充填反射特征(图2);界面

下在向海盆方向的隆起地区有削截现象。界面在海盆附近超覆于SB<sub>3</sub>上(图3)。

SB<sub>3</sub>:一般由2~3个相位组成,中频、连续性较差的强—极强反射,整体呈近水平分布。界面上下反射面貌差异十分明显,界面上为较高频连续水平反射,界面下为中—低频连续性较差的强—极强反射。在朝海盆方向的隆起区界面上有明显上超,界面下为削截(图4),是一个区域性不整合面。

SB<sub>4</sub>:主要分布于受断层控制的半地堑内,由两个连续性中等—好的强—极强相位组成,界面上下的反射差异明显,界面上为反射连续性相对较好,中—低频的强振幅反射,界面下则为振幅相对较弱、连续性差的杂乱反射为主。在半地堑的边缘部位可见到界面上的上超和界面下的削截反射特征,是一个可在区域上对比的不整合面。

T<sub>g</sub>:由2~3个相位组成,为低频、中—强反射,在隆起区较浅部位连续性好,沉积厚度大的半地堑中连续性较差。界面上下地层层速度差异明显,界面上一

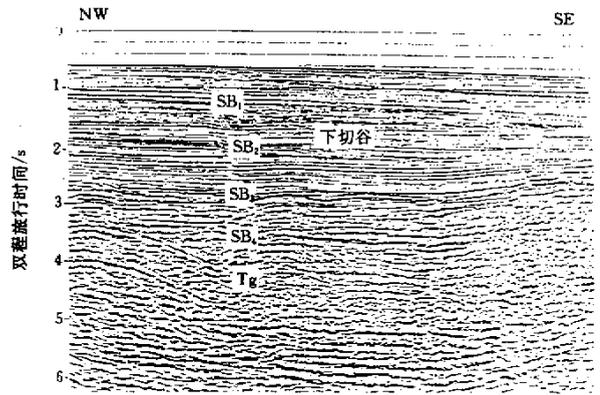


图2 珠二坳陷南部地震反射特征(剖面位置见图1)  
Fig.2 Seismic reflection of southern Zhu II Depression  
(Seismic line location refers to Fig.1)

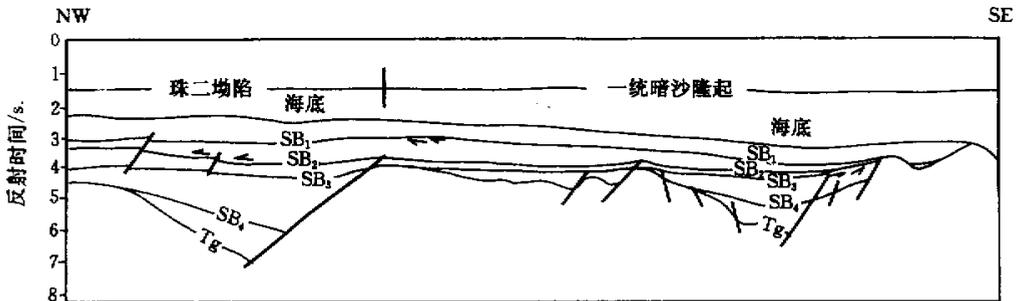


图3 SO49-17测线北段地质解释剖面  
Fig.3 Geological interpreted section of the northern part of Line SO49-7

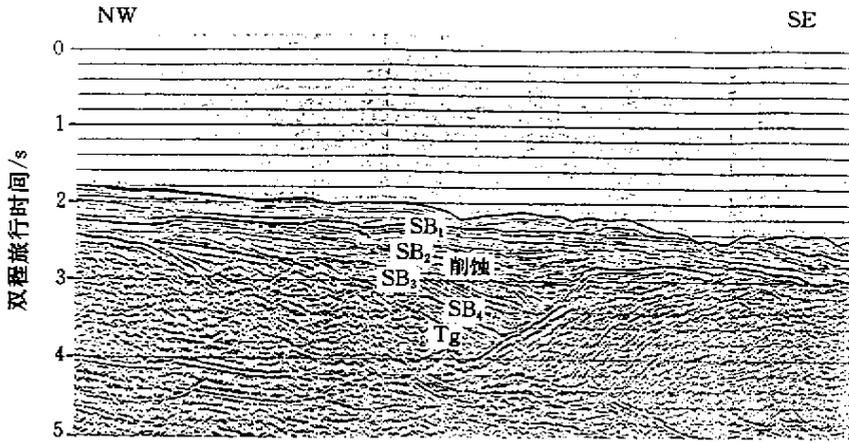


图4 隆起区地震反射特征(剖面位置见图1)

Fig.4 Seismic reflection of the Uplift area (Seismic line location refers to Fig.1)

一般为 3.4~4.4 km/s,界面下一般大于 4.4 km/s<sup>[2]</sup>,为本区的前第三系和第三系的分界面,界面起伏不平,受断裂分割、控制。

1.2 层序界面的对比

由于本区尚未钻探,且地震测线少,研究程度较低,层序界面的对比和年龄确定存在一定难度。所幸的是本次研究所用的测线已延伸到珠二坳陷的南部,且在 SO49-18 测线附近有白云 7-1-1 井,同时研究区以东的 ODP184 航次的钻探也为对比提供了依据。

关于珠二坳陷的层序地层划分和对比,前人已进行了大量的研究<sup>[3][4]</sup>,根据地震反射特征、化石丰度变化、岩性和测井资料等,珠二坳陷渐新世以来的海相地层共划分为 4 个二级层序和 23 个三级层序<sup>[4]</sup>。对白云 7-1-1 井也作了详细的微古生物分析,并将其化石带与国际标准化石带进行了对比,白云 7-1-1 井共识别出 3 个二级层序和 15 个三级层序<sup>[6]</sup>。由于研究区内的 SO49-18 测线紧邻白云 7-1-1 井,因此,层序界面的年龄主要根据与白云 7-1-1 井的对比确定。对比主要包括两个方面:界面地震反射特征及界面上下反射终止特征的对比,根据井中层序界面的深度,应用珠江口盆地的时间—深度转换曲线<sup>[5]</sup>,在地震剖面上进行深度标定,由于测线并非过井剖面,仅作参考,同时结合区域构造运动对界面的性质进行分析对比。各层序界面的对比结果如下(图 5):

SB<sub>1</sub> 相当于珠江口盆地 T<sub>2</sub> 反射面,为区域性的不整合面,可在北部陆架地区对比,也称为东沙运动,是晚中新世和早—中中新世的分界面。与白云 7-1-1 井对比,相当于 TB<sub>2</sub> 和 TB<sub>3</sub> 的层序界面,界面年龄为 10.5 Ma。

SB<sub>2</sub> 位于原划分的 T<sub>2</sub> 和 T<sub>4</sub> 之间,与白云 7-1-1

井对比,相当于 TB<sub>2</sub> 和 TB<sub>1</sub> 间的层序界面,年龄为 21 Ma。该界面在珠江口盆地东部具有典型的层序界面的特征,如区域性削截、上超和深切谷等,易于在地震剖面上识别<sup>[3]</sup>。研究区内的 SO49-18 测线上也见到

年代	年龄/Ma	珠江口盆地二级层序	本文层序划分
第四纪			
上新世	晚		
	早		
中新世	5	TB <sub>3</sub>	
	10	10.5	SB <sub>1</sub>
	15	TB <sub>2</sub>	
	20	21.0	SB <sub>2</sub>
渐新世	25	TB <sub>1</sub>	SB <sub>3</sub>
	30	30.0	
始新世	35	TA <sub>4</sub>	
	40	39.5	SB <sub>4</sub>
	45	TA <sub>3</sub>	
	50	49.5	
古新世	55	TA <sub>2</sub>	
	60	58.5	
	65	TA <sub>1</sub>	
			T <sub>g</sub>

图5 研究区层序与珠江口盆地对比

Fig.5 Sequence correlation between the study area and Pearl River Mouth Basin

了明显的削截和深切谷。

SB<sub>3</sub>:该界面上下的地震反射特征明显不同,隆起区局部有削截和上超反射,大致相当于 T<sub>7</sub> 反射面。根据白云 7-1-1 井的有孔虫化石带对比,该界面可作

为上、下第三纪的界面<sup>[7]</sup>,年龄为 25 Ma。隆起区的削截和 SB<sub>2</sub> 的上超尖灭表明该界面有明显的剥蚀并有地层缺失,由于无钻井资料,地层缺失厚度和沉积间断时间难以确定。在研究区以东的 ODP184 航次的 1148 钻孔中,发现了上下第三系之间的地层缺失,沉积间断时间为 24 ~ 27.0 ~ 27.5 Ma<sup>[8]</sup>,而在北部如珠二拗陷该时期则表现为连续沉积,这说明珠江口盆地南部在渐新世晚期是一个相对抬升时期。

SB<sub>4</sub>:该界面仅见于沉降较深、沉积厚度大的半地堑中,是一个不整合面,界面下的削截和界面上的上超明显。根据区域对比,相当于 T<sub>8</sub> 反射面,即珠琼运动二幕,年龄为 39.4 Ma<sup>[9]</sup>。

## 2 层序的地震发射特征和沉积环境分析

### 2.1 地震反射特征和沉积环境分析

根据层序的分布特点和地震相特征,结合白云 7-1-1 井的古海洋学、沉积环境分析结果,及与珠江口盆地的沉积演化对比,对研究区内各层序沉积时期的沉积环境作了初步分析。自下而上,各层序的主要反射特征和沉积环境可概述如下:

T<sub>8</sub>-SB<sub>4</sub> 层序:该层序在隆起区主要见于断陷较深的半地堑底部,整体呈南断北超,地震反射为连续性差—杂乱反射,由北向南呈发散状。层速度一般为 3.4 ~ 4.4 km/s,最大厚度小于 150 0 m。姜绍仁等<sup>[1]</sup>(1989)根据地震剖面和声纳浮标资料勾绘了该区的 T<sub>5</sub> 以下地层(大致相当于下第三系)的等厚图,表明本区的下第三系分布主要受北东向边界断层的控制。该层序相当于珠江口盆地的神狐组和文昌组的中下段,分别代表珠江口盆地古湖泊的初始期和鼎盛时期。神狐组沉积时期主要为受北东向边界断裂控制的分隔的山间湖泊,沉积物类型以火山碎屑岩、冲积扇、河流相为主夹湖相砂泥岩,属于断陷早期的沉积建造;文昌组则是盆地内湖泊面积最广,水体最深的时期,沉积物类型以湖相砂泥岩为主,深湖相泥岩发育,是盆地内的主要生油岩。根据上述分析,推测 T<sub>8</sub>-SB<sub>4</sub>层序在隆起区为受北东向断层控制的分隔的山间湖泊沉积,由于层速度较高,沉积物类型可能以火山碎屑岩,河流—冲积扇或滨浅湖相粗碎屑岩为主,深湖相泥岩不发育。

SB<sub>4</sub>-SB<sub>3</sub> 层序:该层序继承了前一层序的发育特点,仍为受北东向断裂控制的分隔半地堑充填。但反射的连续性相对较好。层速度大约为 2.8 ~ 3.4 km/s,隆起区最大厚度约 120 0 m。该层序相当

于珠江口盆地的恩平组珠海组下部,在珠江口盆地北部的珠一和珠三拗陷该时期是断陷湖泊萎缩并向半封闭海湾转变的过渡期,恩平组时期表现为湖泊面积相对减小,水深变浅,以发育沼泽含煤沉积和滨浅湖相沉积为主,仅局部地区发育深湖相沉积。而在珠江口南部的珠二拗陷则是大规模沉降时期,根据盆地沉降史分析,渐新世晚期的最大总沉降速率大于 400 m/Ma<sup>[3]</sup>,因此,中深湖相较北部发育,据地震资料,白云凹陷中深湖面积达 240 0 km<sup>2</sup>,最大厚度为 230 0 m<sup>[10]</sup>。在白云 7-1-1 井钻遇的恩平组以厚层泥岩和砂泥岩互层为主,并出现了海相化石<sup>[11]</sup>,表明沉积环境以湖相为主,中深湖相发育,晚期受海侵影响而转为海陆过渡相。相比之下,隆起区该时期的沉降幅度小,且分隔性强,处于相对隆升地区,因此,仍以滨浅湖相沉积为主。

SB<sub>3</sub>-SB<sub>2</sub> 层序:该层序以中—高频平行强反射为主,连续性好,在隆起区底部呈上超趋势。层速度变化一般为 2.8 ~ 3.4 km/s,最大厚度厚度 100 0 m 左右,向海盆方向厚度逐渐减薄,并在隆起高部位超覆尖灭。反映了隆起区隆升剥蚀后,海平面上升,沉积不断向隆起区推进的过程。该层序大致相当于珠江口盆地的珠海组上段和珠江组中下段,是珠江口盆地由半封闭海湾向开放海转化的时期,广泛发育以砂泥岩为主的滨—浅海相沉积,成为重要的油气储层。白云 7-1-1 井钻遇的该段地层以砂泥岩为主,夹厚层的凝灰岩,微体古生物研究表明当时的沉积环境为滨—浅海为主。根据本层序厚度向隆起区逐渐上超减薄直至尖灭,并在隆起区高部位缺失的分布特点,同时结合 SB<sub>3</sub> 界面上的剥蚀等特征,认为隆起区高部位当时仍出露在海平面上,成为珠江口盆地南缘的障壁带,因此,隆起北缘应以滨海相沉积为主,隆起高部位可能是一个珠江口盆地南部的物源区。

SB<sub>2</sub>-SB<sub>1</sub> 层序:该层序是在 SB<sub>2</sub> 海平面大幅度下降以后,海平面不断升高的背景下形成的,底部有明显的下切谷充填沉积,在 S049-17 测线上还看到了当时的陆架坡折点,说明当时由于海平面大幅度下降,陆架已推进到现代下陆坡的位置。中下部以平行连续强反射为主,在坡折下的陡坡上有明显的上超反射,反映海平面不断上升的过程。上部反射连续性较差,以平行反射为主,局部可见向海盆倾斜的前积反射。层速度一般为 2.0 ~ 2.8 km/s,层序的最大厚度位于陡坡以下,在隆起区最大厚度近 100 0 m,向海盆方向逐渐减薄,并超覆尖灭于隆起高部位。该层序内部反射纵向上不均一,可能反映了海平面震荡性升降和北部物源的变化。该层序相当于珠江口盆地的珠

江组中上段和韩江组,是又一个海平面大规模上升时期。珠江组时期主要隆起均已没入水下,在远离物源的隆起区如东沙隆起发育生物礁沉积,拗陷内以发育滨浅海相砂泥岩沉积为主。韩江组时期海平面进一步上升,盆地内广泛发育浅—半深海相泥岩沉积,是盆地的主要油气盖层。从研究区的层序分布和反射特征看,主要以陆架浅海—陆坡深海沉积环境为主。隆起区也已大部分没入水下,虽远离物源区,但由于沉降较快,水体过深,可能不利于生物礁发育,沉积物已越过隆起直接注入海盆,但在局部高地仍有沉积缺失,但先前的陆架外的障壁带已不复存在,代之以孤立分布的小岛,到晚期现代陆架—陆坡—海盆的分布格局已初步形成。

SB<sub>1</sub>—海底层序:该层序是在现代陆架—陆坡—海盆的分布格局形成后发育的,厚度分布稳定,内部反射较均一,基本以中高频连续平行反射为主,其间局部可见上超和下超反射,反映海平面的小幅度升降或物源流量的变化,总体上为陆坡深海沉积环境,隆起区已全部没入水下。

## 2.2 沉积演化

从上述分析可以看出,研究区内沉积经历了由河湖相—滨浅海—陆坡深海相的演化过程,同时也反映了隆起区的沉降—隆升—沉降过程,大致可分为三个大的阶段:

(1) 古新世(?)—渐新世:相当于 T<sub>g</sub>-SB<sub>4</sub> 层序和 SB<sub>4</sub>-SB<sub>3</sub> 层序沉积时期。是隆起区的第一个沉降期,与珠江口盆地相同,表现为块断翘倾,在中生界基底上发育由北东向边界断裂控制的互相分隔的半地堑,断裂面北倾,呈南断北超。半地堑内充填了早期的山间湖泊粗碎屑沉积、中期的滨浅湖相沉积和晚期的沼泽—滨浅湖相沉积,经历了断陷湖泊的初始期—鼎盛期—萎缩期,但与珠江口盆地的其他地区相比,沉降幅度小,断陷规模不大,相应的湖泊范围也小、水浅。

(2) 早中新世—中中新世:相当于 SB<sub>3</sub>-SB<sub>2</sub> 层序和 SB<sub>2</sub>-SB<sub>1</sub> 层序沉积时期。晚渐新世时期,隆起区进入相对隆升时期,并遭受剥蚀,形成不整合面,之后由于海平面上升,发育了滨浅海—陆坡深海相沉积。SB<sub>3</sub>-SB<sub>2</sub> 层序逐渐超覆在隆起之上,但在高部位仍缺失 SB<sub>3</sub>-SB<sub>2</sub> 层序,表明隆起区高部位的沉积间断一直持续到 21 Ma,缺失晚渐新世—早中新世的部分地层,因此,晚渐新世—早中新世是隆起的主要隆升、剥蚀期。21 Ma 后,随着海平面的不断升高,隆起区逐渐没入水下,但 SB<sub>2</sub>-SB<sub>1</sub> 下部仍为向海盆方向的前积,表明层序发育早期隆起区仍处于相对隆升,与海

平面上升保持平衡,使该区水深处于相对稳定状态,晚期隆起区沉降,沉积物越过隆起直接注入海盆,现代陆架—陆坡—海盆的格局形成,表明整个南海进入均匀热沉降阶段。由于本区未能识别出三级层序和最大海泛面,难以确定该热沉降开始的时间,在珠江口盆地内隆起没入水下、陆架形态发生根本转变的时间于相当于 18.5 ~ 16 Ma 的最大海泛面之间<sup>[4]</sup>,这与根据磁条带确定的南海扩张停止时间 17 Ma 相近<sup>[2]</sup>。

(3) 晚中新世—第四纪:相当于 SB<sub>1</sub>-海底层序沉积时期,为陆坡深海相沉积。是在现今陆架—陆坡—海盆格局形成后沉积的,是南海晚期持续热沉降阶段的产物,期间虽有海平面升降变化,但海平面总体呈不断上升趋势。

## 3 讨论

### 3.1 早第三纪海侵方向

通过地震资料和大量钻井的微体古生物研究,珠江口盆地早第三纪的海侵已得到确认,但关于海侵方向各家根据不同的资料提出了不同的看法。金庆焕等<sup>[5]</sup>根据当时的地震和钻井资料推测,海水可能沿 3 条断槽形水道间歇分别漫入珠江口盆地的三个拗陷:第一条通过台湾浅滩和东沙隆起之间进入珠一拗陷;第二条通过东沙隆起和神狐—统暗沙隆起之间进入珠二拗陷;第三条通过珠三拗陷和琼东南盆地之间的狭窄通道进入珠三拗陷。黄虑生等<sup>[11]</sup>认为珠江口盆地早第三纪有两次海侵,第一次在中始新世,仅限于影响珠一拗陷的东部,在韩江凹陷的 HJ15-1-1 井文昌组中见到了 NP15 带的钙质超微化石,海侵来自东部的台西南盆地,第二次发生在渐新世(约 30 Ma),海水从南部进入珠二拗陷,一直延续到 21 Ma。秦国权<sup>[7]</sup>通过对白云 7-1-1 井的浮游有孔虫研究,识别出 32 ~ 26 Ma、24.8 ~ 21.0 Ma 和 18.5 Ma 以后三个海侵层序。因此,珠二拗陷渐新世的海侵应是无疑的,但海侵方向来自东南方向还是南方则看法不同。本次研究似支持金庆焕等的观点,即海侵方向来自东南的东沙隆起和神狐—统暗沙隆起之间的水道。因为研究区在早第三纪主要发育受北东向边界断裂控制的半地堑充填沉积,分割性强,且其隆升并作为珠江口盆地南部障壁带一直持续到 21 Ma,之后才逐渐没入水下。

### 3.2 南部边缘隆起成因探讨

被动大陆边缘在陆壳和洋壳过渡带的陆壳一侧常发育边缘隆起,一般可包括三种类型:构造形成的边缘基底高、珊瑚礁和穿刺。穿刺的成因可用后期沉积物引起的差异负载解释,而边缘基底高和珊瑚礁均

于隆升有关,关于它们的成因则有不同解释。一种认为它是原始裂谷地堑上升壁的反映,因而是大陆成因<sup>[12]</sup>;另一种则认为是陆壳负载和均衡沉降的结果<sup>[13]</sup>,由于沉积物取代水体,引起下伏地壳的均衡调整、下沉,边缘隆起区是沉降区的边界线。研究区内的隆起区经拖网取样,获得了辉长岩和闪长岩样品,其中辉长岩铷—锶法测年值为  $139.95 \pm 9.85 \text{ Ma}^{[2]}$ ,声纳浮标速度分层资料也表明隆起的基底主要由中生代花岗岩、沉积岩及古生代或更老的变质岩组成<sup>[1]</sup>,表明研究区的隆起应属于边缘基底高。从其构造和沉积演化看,晚渐新世以前与珠江口盆地基本相同,主要隆升时期为晚渐新世至早中新世,而该时期是北部的珠二坳陷最大沉降时期,也是南海海盆主要扩张时期,但整个珠江口盆地的主要断陷期为始新世,渐新世晚期已转入坳陷期。因此,隆起的形成期晚于盆地主断陷期,并非断陷差异升降的结果。而负载和均衡沉降从盆地形成机理上讲,应先沉降、后充填才有均衡沉降,它只能加强沉降作用。由此,笔者认为,隆起的成因可能是北部沉降和南海海盆扩张形成的水平挤压应力和负载均衡共同作用的结果,因而是南海海盆扩张在北部陆缘的直接响应。

#### 参考文献 (References)

- 姜绍仁,夏戡原,黄慈流等.珠江口盆地珠二坳陷南缘封堵问题的探讨[J].中国海上油气(地质),1989,3(2):35~40 [ Jiang Shaoren, Xia Kanyuan, Huang Ciliu, et al. A Study on Potential Blocking at Southern Rim of Zhu II Depression in PRM Basin[J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 1989, 3(2):35~40 ]
- 金翔龙等.南海地球科学研究报告[J].东海海洋,1989,7(4):1~9 [ Jin Xianglong, et al. Geosciences Research Report of South China Sea [J]. Donghai Marine Science, 1989, 7(4):1~9 ]
- 龚再生,李思田等著.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,1997.63~186 [ Gong Zaisheng, Li Sitian, et al. Continental Margin Basin Analysis and Hydrocarbon Accumulation of Northern South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 1997.63~186 ]
- 杨少坤,黄丽芬,李希宗等.珠江口盆地特殊层序地层模式及其对勘探的指导意义[J].中国海上油气(地质),1996,10(3):137~143 [ Yang Shaokun, Huang Lifen, Li Xizong, et al. Special Sequential Stratigraphic Pattern in the Pearl River Mouth Basin and Its Significance to Exploration [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 1996, 10(3):137~143 ]
- 金庆煊.主编南海地质与油气资源[M].北京:地质出版社,1989.84~111 [ Jin Qingxuan. Geology and Hydrocarbon Resource of South China Sea [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989.84~111 ]
- 徐钰林.珠江口盆地第三纪钙质超微化石分带及古海洋环境[A].见:郝诒纯,徐钰林等著.南海珠江口盆地第三纪微体古生物及古海洋学研究[M].北京:中国地质大学出版社,1996.74~88 [ Xu Yulin. Tertiary Calcareous Nannofossil Zones and Paleooceanic Environments of Pearl River Mouth Basin [A]. In: Hao Yichun, Xu Yulin, Xu Shice, et al., eds. Research on Micropalaeontology and Paleooceanography in Pearl River Mouth Basin, South China Sea [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1996.74~88 ]
- 秦国权.珠江口盆地 BY7-1-1 井晚渐新世浮游有孔虫的发现及其地质意义[J].海洋地质与第四纪地质,1992,12(2):21~32 [ Qin Guoquan. The Discovery of Late Oligocene Planktonic Foraminifera in Well BY7-1-1 at Zhujiang River Mouth Basin and Its Geological Significance [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1992, 12(2):21~32 ]
- Proceedings of the Ocean Drilling Program, Volume 184, Initial Reports South China Sea (大洋钻探计划报告,184卷,中国南海初步报告).
- 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 [ Li Pinglu. Cenozoic Tectonic Movement in the Pearl River Mouth Basin [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 1993, 7(6):11~17 ]
- 刘铁树,何仕斌.南海北部陆缘盆地深水区油气勘探前景[J].中国海上油气(地质),2001,15(3):164~169 [ Liu Tieshu, He Shibin. Deepwater Hydrocarbon Potential Along the North Continental Margin, the South China Sea [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2001, 15(3):164~169 ]
- 黄虑生,钟碧珍.珠江口盆地早第三纪地层及古海洋学[A].见:郝诒纯,徐钰林等著.南海珠江口盆地第三纪微体古生物及古海洋学研究[C].北京:中国地质大学出版社,1996.99~107 [ Huang Lusheng, Zhong Bizhen. Paleogene Stratigraphy and Paleooceanography in Pearl River Mouth Basin [A]. In: Hao Yichun, Xu Yulin, Xu Shice, et al. Research on Micropalaeontology and Paleooceanography in Pearl River Mouth Basin, South China Sea [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1996.99~107 ]
- Emery K O. Continental Margins-Classification and Petroleum Prospects [J]. AAPG Bull, 1980, 64:297~315
- Galloway W E. 再论盆地分析中的成因地层层序—在墨西哥湾西北部新生代盆地中的应用[A].见:王德坪,蔡进功等编译.沉积盆地分析译文集[M].北京:中国地质大学出版社,1989.9~31 [ Galloway W E. Genetic Stratigraphic Sequences in Basin Analysis II: Application to Northwest Gulf of Mexico Cenozoic Basin [J]. AAPG Bull. 1989, 73(2):143~154 ]

## Sequence Division and Sedimentary Evolution of Cenozoic in the Middle Shenhu-Yitong Ansha Uplift

LI Ming-bi<sup>1 2</sup>    JIN Xiang-long<sup>2</sup>    CHU Feng-you<sup>2</sup>    LI Jia-biao<sup>2</sup>    CHEN Han-lin<sup>1</sup>  
( Zhejiang University , Hangzhou 310027 )

✉ Key Lab of Submarine Geosciences of State Oceanic Administration , Hangzhou 310012 )

**Abstract** Based on the seismic profiles acquired by cruise SO-49 of "China and Germany Joint Study on Marine Geosciences in the South China Sea", and correlated with those of Pearl River Mouth Basin, sequence division and correlation of Cenozoic in the middle Shenhu-Yitong Ansha Uplift were carried out. 5 seismic reflectors, including SB<sub>1</sub>, SB<sub>2</sub>, SB<sub>3</sub>, SB<sub>4</sub>, and T<sub>g</sub>, have been recognized and their ages have also been assigned according to their seismic reflection characteristics and correlated to their counterparts in the Pearl River Mouth Basin. SB<sub>1</sub> is the boundary between middle Miocene and Upper Miocene, being the response of Dongsha Movement in northern shelf of South China Sea, which age is 10.5 Ma. SB<sub>2</sub> with truncation, incised valley filling and onlap represents the lowest sea level stage during Miocene, and can be easily traced in the northern shelf basins of South China Sea; its age is 21.0 Ma. SB<sub>3</sub> with truncation and onlap on the massif is the boundary between Eocene and Neogene, its age is 25.0 Ma. On the uplift SB<sub>3</sub> is represented by a hiatus between late Oligocene and lower Miocene where being lack of sequence SB<sub>3</sub>-SB<sub>2</sub> on the high, which may be correlated to the hiatus spanning from 24 ~ 27.0 ~ 27.5 Ma in site 1148 of ODP Leg 184. SB<sub>4</sub> is the boundary between upper and middle Eocene, representing the second stage of Zhuqiong Movement in northern shelf basins of South China Sea, which age is 39.4 Ma. T<sub>g</sub> is the boundary between Cenozoic and pre-Cenozoic, which can be easily traced.

The sedimentary environments and evolution of different sequences stated above have also been analyzed according to their seismic characteristics and combining with those of the Pearl River Mouth Basin. Sequence T<sub>g</sub>-SB<sub>4</sub> and SB<sub>4</sub>-SB<sub>3</sub> were mainly controlled by separated half grabens, developing fan delta, fluvial, shallow lake and swamp sediments, similar to those in the other areas in northern shelf of South China Sea, but the subsidence rate on the uplift was much lower, resulting in the forming of shallower lake and coarser sediments. After uplift and erosion stage during late Oligocene to early Miocene, transgression started and sequence SB<sub>3</sub>-SB<sub>2</sub> onlapped towards the uplift, developing coastal and shallow marine sediments, but the uplift high remained eroded and acted as a barrier between the Pearl River Mouth Basin and central sea basin. SB<sub>2</sub> represents a regional sea level fall and the paleo-shelf break probably shifted to modern lower slope.

After that, sequence SB<sub>2</sub>-SB<sub>1</sub> onlapped to northern shelf and uplift, which had subsided under sea level, thus the modern framework of shelf-slope-central basin formed, and the uplift was covered by shelf-slope sediments. Sequence SB<sub>1</sub>-sea floor is dominated by slope sediments similar to modern sedimentary environment.

**Key words** Shenhu-Yitong Ansha uplift, sequence, sedimentary environment, evolution