

文章编号: 1000-0550(2009) 04-0632-10

# 珠江口盆地—琼东南盆地深水区古近系沉积演化<sup>①</sup>

张功成<sup>1</sup> 刘震<sup>2</sup> 米立军<sup>3</sup> 沈怀磊<sup>1</sup> 郭瑞<sup>1</sup>

(1. 中国海洋石油研究中心 北京 100027; 2 中国石油大学(北京) 北京 100027; 3 中国海洋石油(中国)有限公司勘探部 北京 100010)

**摘要** 珠江口—琼东南盆地深水区古近系共划分出三套沉积层序,即始新统一文昌层序,恩平—崖城层序和珠海—陵水层序。综合应用单井相、地层等厚图、地震相平面图、地震砂岩指数平面图,参考断陷盆地沉积体系发育特征,结合构造背景,综合编制了全区各个体系域的沉积相平面图。南海北部深水区始新统发育三个大型的湖泊区,东部为白云凹陷,西部为松南—宝岛凹陷和陵水—乐东凹陷,该时期表现出比较明显陆相断陷湖盆的分隔性,除了三大湖盆外,还发育 5~6 个小型湖泊。渐新世早期海进区域集中在琼东南盆地,海水可能从东西两个方向进入琼东南盆地,形成东西两个浅海区,中间有浅海相和剥蚀区分隔;东部白云凹陷未发育海进,保持湖泊环境;顺德—开平凹陷亦为湖泊环境,由独立的湖泊相逐渐扩大为连片湖相沉积。渐新世晚期全区发生海进,但海进方向存在差异,东部白云凹陷—顺德—开平凹陷的海水可能由东部进入,由东向西海进;西部琼东南盆地可能存在东西两个海口,海水从两地进入盆地,继承崖城期的海进方向。

**关键词** 大陆边缘 层序地层 湖泊 海洋 深水区

**第一作者简介** 张功成 男 1966 年出生 博士 石油地质学 E-mail: zhanggch@cnoc.com.cn

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

## 0 前言

国际上一般将水深超过 300~500 m 海域的油气资源定义为深水油气。目前我国海洋石油工业将大于 300 m 水深的海域称为深水区,我国的深水区分布在南海海域和东海海域琉球海域<sup>[1]</sup>。珠江口盆地和琼东南盆地的深水区位于南海北部深水区北部(图 1),呈北东向展布,大地构造位置属于南海北部大陆边缘的一部分,地壳为陆—洋过渡壳,主体处于大陆斜坡区,具有典型被动边缘盆地的构造特征<sup>[2]</sup>。珠江口盆地深水区包括神狐隆起南段、珠 II 坳陷(顺德凹陷、开平凹陷、白云凹陷等)、潮汕坳陷及其南部的西沙—中沙隆起、一统暗沙隆起。琼东南盆地深水区包括中央坳陷大部(乐东凹陷、陵水凹陷、松南凹陷、宝岛凹陷、长昌凹陷[也有专家称西沙海槽盆地]、北礁凹陷、松南凸起和松东凸起等)及其南部隆起与南部坳陷(北礁南凹陷、华光凹陷等)。以往研究中,新近系沉积研究程度较高,古近系沉积研究程度较低,古近系是该区域主要的烃源岩、储集岩和盖层,也是生成、运移、聚集的主要层系<sup>[3-5]</sup>,研究其沉积层序、沉积相非常重要。

南海北部深水区钻井较少,但地震测线覆盖广。

因此借助层序地层学方法,综合研究目的层的沉积相分布特征。进行沉积相综合分析,就是应用各种资料,从联系的角度入手,来分析层序地层垂向充填及空间相序展布。因此,首先了解区域地质背景和类似盆地的形成演化模式,并在此基础上完成下列图件:单井相图(含岩芯相图)、各体系域的地震相图、各体系域的地层厚度图、各体系域的砂岩指数(相当于砂岩百分含量)平面等值线图、关键部位地震大剖面、联井沉积相剖面、构造演化剖面图和现今构造平面图<sup>[6-8]</sup>。

在进行沉积体系的综合分析过程中,应遵循三个原则:地震与地质相结合、宏观与局部相结合和定性定量相结合。进行沉积相综合分析基本过程的核心就是将地震相和少数单井相转换为平面沉积相,地震相转换为沉积相。具体包括以下几个步骤:依据构造图和演化剖面确定古沉积背景;先以单井相中的沉积相类型为独立标定点,大体确定区块的相类型;利用联井沉积相剖面检验相序的合理性;根据地震相标定结果对各体系域地震相进行沉积相解释;同时对各体系域砂岩指数平面图和等厚图进行分析,确定偏砂相和偏泥相以及可能的物源方向;结合沉积体系演化模式,综合地编制出各体系域的沉积相平面图。

<sup>①</sup>国家 973 项目(编号: 2009CB219400)和国土资源部全国油气资源战略选区调查与评价项目“南海北部深水区天然气资源战略调查及评价项目”(XQ-2007-05)、国家科技重大专项大型油气田及煤层气开发专项海洋深水油气勘探关键技术(2008ZX05000-025)资助。

收稿日期: 2008-08-22 收修修改稿日期: 2008-10-27

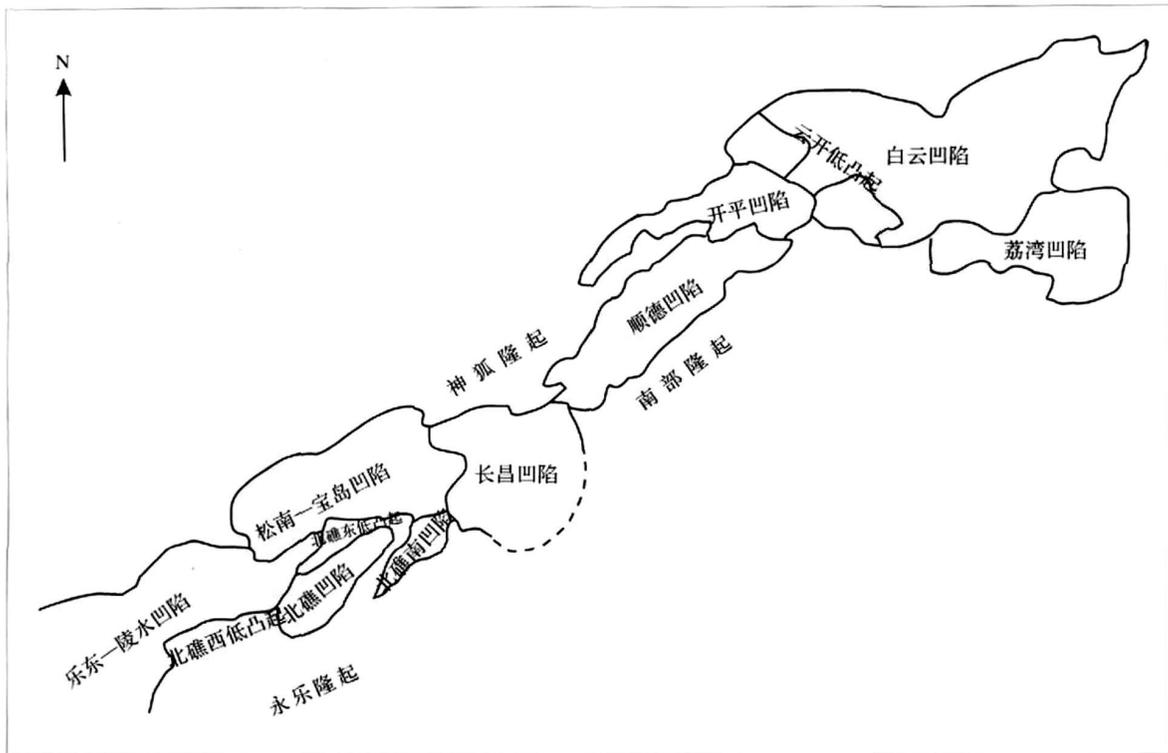


图 1 珠江口盆地—琼东南盆地深水区构造单元图

Fig 1 The tectonic map of deep water area in Zhujiangkou-Qiongdongnan Basin

### 1 古近纪二级层序

白云—顺德—开平凹陷 T<sub>g</sub>界面在整个区域反射比较清楚, 在白云东南斜坡上表现为对下覆前新生代的削蚀, 而在整个白云、开平、顺德凹陷多表现为上超现象。T<sub>8</sub>界面在白云凹陷北部斜坡上表现为一套连续强反射, 在白云西南洼表现为区域性削蚀。T<sub>7</sub>界面在北部斜坡上表现为局部上超现象, 在白云凹陷东部斜坡表现为局部顶超现象, 在白云主洼表现为顶超现象, 在南部斜坡上表现为区域性削蚀。在开平主洼表现为区域性削蚀, T<sub>7</sub>界面在全区变化大, 不整合现象十分丰富。T<sub>6</sub>界面在白云凹陷东部斜坡上表现为大范围, 区域性上超不整合面, 在顺德凹陷局部表现为顶超面。

琼东南盆地 T<sub>100</sub>界面的反射特征总体为低频、连续、强反射, 在不同的地方其反射特征会有不同程度的杂乱现象。T<sub>80</sub>在琼东南盆地为一区域不整合面, 分布于凹陷内, 横向变化较大, 在不同的凹陷特征也不太相同, 总体表现为强振幅低频连续性较好, 其下多为一套弱反射, 在琼东南盆地中央凹陷带地震上表现为区域性上超。T<sub>70</sub>界面在浅水区崖南凹陷表

现为削蚀现象, 深水区中央凹陷带陵水凹陷同样表现为削蚀现象, 其它地区表现为区域性上超; T<sub>6</sub>界面在琼东南盆地表现为大范围、区域性上超不整合面。

表 1 南海北部深水区古近系层序地层划分  
Table 1 Paleogene sequence stratigraphy of deep water area in the northern South China Sea

年代	组	层序	体系域	层序	体系域	地震反射
晚渐新世	珠海组 (陵水组)	珠海层序	高位体系域	陵水层序	高位体系域	T <sub>7</sub>
			海侵体系域		海侵体系域	
			低位体系域		低位体系域	
早渐新世	恩平组 (崖城组)	恩平层序	高位体系域	崖城层序	高位体系域	T <sub>8</sub>
			湖扩体系域		海侵体系域	
			低位体系域		低位体系域	
始新世	文昌组 (始新统)	文昌层序	高位体系域		低位体系域	T <sub>9</sub>

当然在层序地层实际分析中, 可能会遇到单井分析与地震分析不一致或矛盾的现象, 这时综合分析就必须考虑到各种因素, 采用谁特征明显就以谁为准的原则, 地震依据充分时界面就按地震反射走, 若单井

界面特征明显就修改地震界面。但是由于地震与单井资料性质的差异,这两种手段各显特色。因此在综合分析时,采用如下原则:层序界面以地震不整合为主,辅助运用井孔证据;当井孔旋回性明显时,充分考虑井孔的分层位置,适当修改地震分层;当地震表现为整合现象时,层序和体系域界线以井孔划分为主;体系域界面按井孔和地震两者兼顾综合来确定。建立贯穿全凹陷的基干测线网,使划分的地震层序具有空间连续性及可对比性,并可与钻井资料相联系。

综合分析地震层序、钻井层序,并借助井震结合将单井相应层段(体系域、层序)与地震剖面进行对比,最终将白云—顺德凹陷古近系划分为三个层序:即珠海层序(T6—T7)、恩平层序(T7—T8)和文昌层序(T8—T<sub>g</sub>) (表 1),将琼东南盆地深水区古近系划分为三个层序:即陵水层序(T60—T70)、崖城层序(T70—T80)和始新统层序(T80—T100)。

综合分析整个深水区古近系层序地层格架,可划分出三套沉积层序,即始新统一文昌层序,恩平—崖城层序和珠海—陵水层序。同时在恩平—崖城层序和珠海—陵水层序中更进一步可划分出三个体系域。

南海北部深水区古近纪经历了三幕裂陷,在凹陷里形成了三套层序,即始新统、渐新统下部、渐新统上部层序,层序之间都是全区都可对比的构造型区域不整合。

## 2 始新统一文昌层序沉积特征

白云—顺德凹陷文昌层序地层沉积受古地形控制,具有明显的填平补齐现象。白云凹陷文昌层序地层在主洼沉积物厚,最厚可达 1 000 ms 以上。根据岩性和沉积旋回,可分为文昌层序低位体系域、文昌层序湖扩体系域和文昌层序高位体系域。

白云—顺德凹陷文昌层序低位体系域沉积期发育三个水系:北部水系(河道—扇三角洲—滨浅湖)、西南部水系(扇三角洲—滨浅湖)和东部水系(扇三角洲—滨浅湖—浊积扇)。文昌层序低水位沉积时期,由于水体较浅,西北部番禺低隆起和云开低凸起大量河流直接入湖,成为主要物源区;西南部在低位湖岸线附近发育小规模扇三角洲,在白云凹陷东部斜坡上发育扇三角洲成为主洼中心浊积扇的主要物源。文昌层序低位体系域在开平凹陷和顺德凹陷不发育。

白云—顺德凹陷文昌层序湖扩体系域沉积期发育一个水系:北部水系(河道—扇三角洲—滨浅湖)。文昌层序湖扩体系域沉积时期,岸线向陆后退,盆地边缘沉积不断扩大,陆源碎屑物质供给降低。由于湖平面上升较快北部番禺低隆起物源供给减少。东南部尽管物源直接输入,但由于供源流域小,物源供给不充分,为主洼深湖盆中深湖相烃源岩发育创造了有利条件。

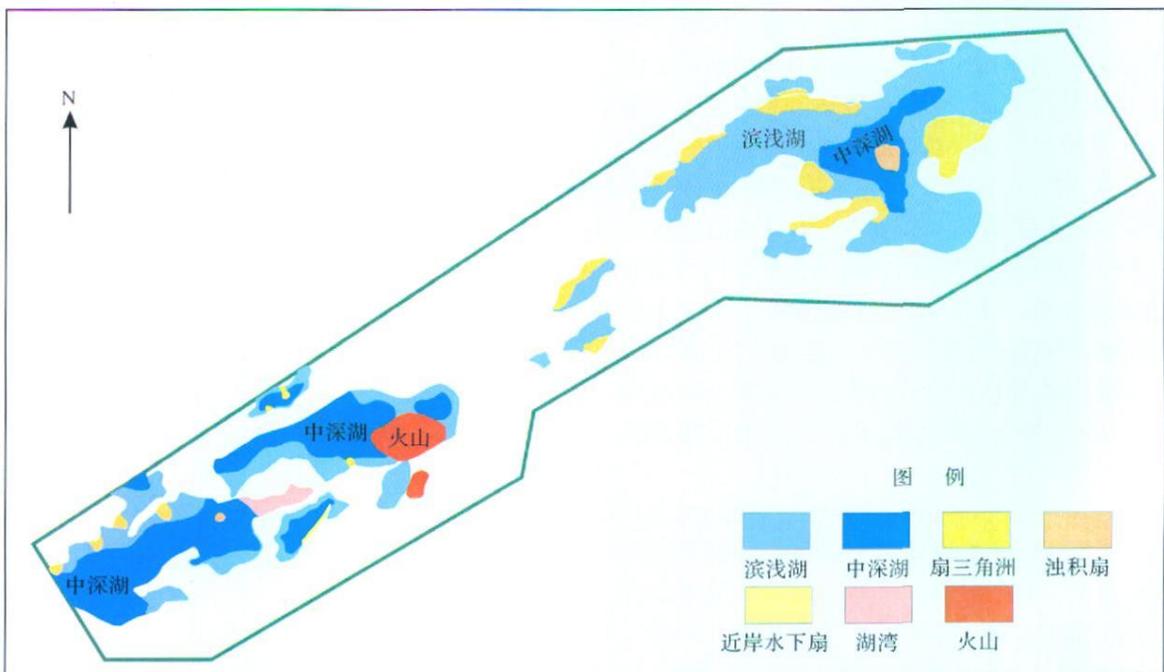


图 2 珠江口盆地—琼东南盆地深水区始新统(文昌组)沉积相

白云—顺德凹陷文昌层序高位体系域沉积期发育东北部水系(河道—扇三角洲—浊积扇),西北部水系(河道—扇三角洲),西南部水系(扇三角洲—中深湖)和东南部水系(扇三角洲—中深湖)。文昌层序高位体系域沉积是在相对湖平面上升后期且湖平面上升速率降低时形成的。由于滨岸线不断向盆地中央推进,北部番禺低隆起西北部和东北部物源大量直接入湖,成为主要物源区;由于湖平面相对下降,可容纳空间减小,西北部三角洲快速向湖盆中央推进,其前方发育三角洲前缘滑塌成因的浊积扇;东南部和西南部作为次要物源区,沉积物直接输入,总体呈补偿沉积。

琼东南盆地深水区始新统沉积受古地形控制,在中央凹陷带沉积物厚 1 000 m 以上。由于水进水退特征不明显,所以没有进行体系域划分。整个南海北部深水区始新统发育三个大型的湖泊区(图 2),东部为白云凹陷,西部为松南—宝岛凹陷和陵水—乐东凹陷。该时期表现出比较明显陆相断陷湖盆的分隔性,除了三大湖盆外,还发育 5~6 个小型湖泊。

### 3 恩平—崖城层序沉积特征

渐新世早期海进区域集中在琼东南盆地。海水可能从东西两个方向进入琼东南盆地,形成东西两个浅海区,中间有滨海相和剥蚀区分隔。东部白云凹陷未发育海进,保持湖泊环境。顺德—开平凹陷亦为湖泊环境,由独立的湖泊相逐渐扩大为连片湖相沉积。

白云—顺德凹陷恩平层序地层沉积受古地形控制,具有明显的填平补齐现象。白云凹陷恩平层序地层在白云主洼沉积物厚度没有文昌层序大,沉积中心厚度不超过 700 m。该期属于盆地裂陷 III 幕海陆过渡湖盆,为盆地沉积演化第二旋回发育期。根据岩性和沉积旋回,可分为三段:恩平层序低位体系域、恩平层序湖扩体系域和恩平层序高位体系域。琼东南盆地深水区崖城层序地层沉积同样受古地形控制,具有明显的填平补齐现象,在中央凹陷带沉积物厚 1 000 m 以上,该期属于盆地裂陷幕,为盆地沉积演化第二旋回发育期。

白云—顺德凹陷恩平层序低位体系域沉积期发育两个水系:北部水系(扇三角洲—滨浅湖)和西部水系(河道—扇三角洲—滨浅湖)(图 3)。北部物源区比高位沉积时范围有所减小,但是方向基本一致,西部物源来自云开低凸起,并指向主洼方向。恩平层序低水位沉积时期,由于水体较浅,西部云开低凸起

大量河流直接入湖,成为主要物源区;北部物源区由于成为次要物源区;整个恩平层序低位体系域分布非常局限。崖城层序低位体系域沉积时期,中央凹陷带发育浅海相沉积。陵水—乐东凹陷北部发育滨岸平原—滨海体系,南部断层下降盘发育滨海—低位扇体系,在陵水凹陷北部和东南部发育扇三角洲沉积。松南—宝岛凹陷除北部二号断裂带下降盘发育滨海相边缘相带外,以浅海相沉积为主。北礁凹陷沉积中心发育浅海相沉积,周缘为滨海相沉积,西南部发育扇三角洲沉积。北礁西低凸起广泛发育滨海相沉积,东低凸起发育滨岸平原—滨海体系。深水区东南部发育滨海相沉积。崖城层序低水位沉积时期,由于水体较浅,北礁东凸起区滨岸平原河流直接入海,成为主要物源区;北部物源区由于多级断裂阶地阻隔分流作用,作为次要物源区;陵水洼陷东南部在低位海岸线附近发育小规模扇三角洲,水体中有扇三角洲前缘滑塌形成的浊积体。

白云—顺德凹陷恩平层序湖侵体系域沉积期发育一个水系:东北部水系(扇三角洲—滨浅湖—中深湖)(图 4)。相对于低位体系域,滨浅湖区的范围明显扩张。东北部水系沿 98eclh02 从东北进入滨浅湖区。开平主洼和南洼北部发育小型扇三角洲,是主要的物源供给,并直接为顺德主洼提供物源。湖平面的扩张在顺德凹陷形成了众多分割的规模较小的洼陷。由于湖平面上升较快北部番禺低隆起物源供给减少,供源流域小,物源供给不充分,为主凹深湖盆中深湖相烃源岩发育创造有利条件,而开平顺德地区水体规模较小,中深湖相不发育。崖城层序海侵体系域沉积时期相对于低位沉积时期,浅海相范围进一步扩大,中央凹陷带以及北礁凹陷主要为浅海相沉积。陵水凹陷北部发育一小型扇三角洲沉积,在乐东—陵水凹陷发育几个浊积体沉积。松南—宝岛凹陷在北部二号断裂带处发育滨海相边缘相带,其余为浅海相沉积。北礁凹陷除发育一小型浊积体外,浅海相广泛发育,北礁西低凸起沉积区发育滨海相沉积,东低凸起广泛发育滨海相沉积,东南部发育滨岸平原相沉积,周缘发育滨海相沉积。崖城层序海侵体系域沉积时期,岸线向陆后退,盆地边缘沉积不断扩大,陆源碎屑物质供给降低。由于海平面上升较快,南部永乐隆起区物源供给减少;北部二号断裂带尽管物源直接输入,但由于物源供给不充分,为主洼的浅海相烃源岩发育创造有利条件。

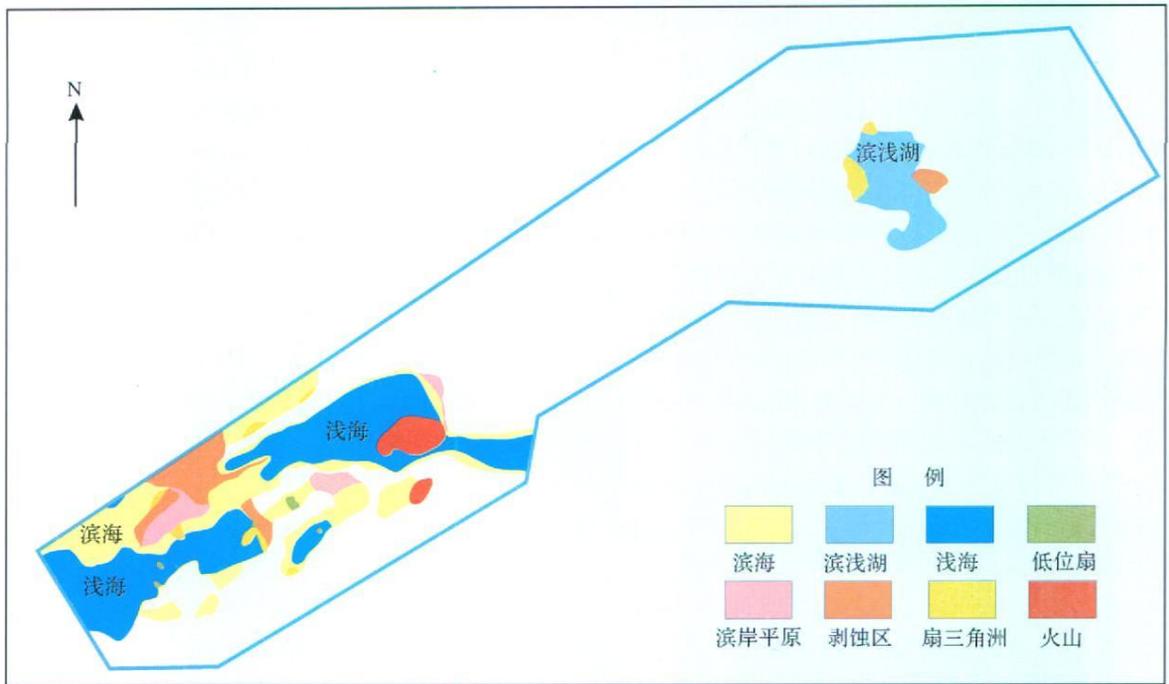


图 3 珠江口盆地—琼东南盆地深水区恩平—崖城层序低位体系域沉积相示意图

Fig. 3 Sedimentary facies of LST in Enping-Yacheng sequence within deep water area of Zhujiangkou and Qiongdongnan basin

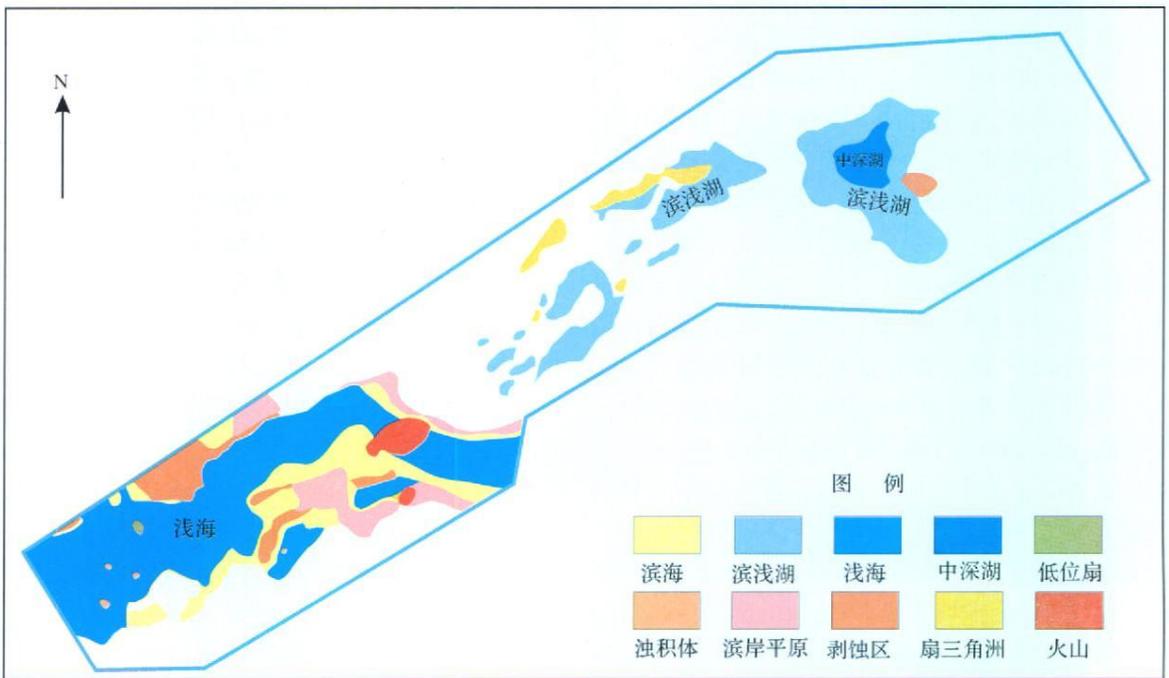


图 4 珠江口盆地—琼东南盆地深水区恩平—崖城层序湖侵(海侵)体系域沉积相示意图

Fig. 4 Sedimentary facies of lacustrine and marine transgression systems tract of Enping-Yacheng sequence in deep water area of Zhujiangkou and Qiongdongnan Basin

白云—顺德凹陷高位体系域沉积期发育北部水系(河道—扇三角洲—滨海浅湖—中深湖—浊积扇)和

南部水系(扇三角洲—滨海浅湖—中深湖)(图 5)。北部水系分别从西北方向,东北方向和正北方向进入凹

陷区,西北部水系指向 PY 33-I-1 井点方向并向南方方向进入滨浅湖区。东北部水系从 PY 33-I-1 井点向南方方向进入滨浅湖区,北部水系从正北方向指向东南,进入中深湖,并为主洼中心处的浊积扇提供物源。南部水系分别从西南方向和东南方向进入凹陷区。南部水系从云开低凸起南部向北进入滨浅湖区。此时湖平面上升到最大使得湖扩时期分割开平、顺德凹陷的小洼陷分割的格局被打破,而开平凹陷的神狐隆起和顺德凹陷的南部隆起,同时为顺开凹陷主洼提供小规模物源。恩平层序高位体系域,是在相对湖平面上升后期且湖平面上升速率降低时形成的。由于滨岸线不断向盆地中央推进,北部番禺低隆起物源大量直接进入湖,成为主要物源区。西部和南部作为次要物源区,沉积物直接输入,总体呈补偿沉积。琼东南盆地深水区崖城层序高位体系域沉积时期,中央凹陷带以及北礁凹陷浅海相广泛发育,凸起区发育浅水台地和滨海相沉积。深水区陵水洼陷东部发育浊积体沉积,松南洼陷 LS4-2-1 井东北方向发育一浊积体沉积,北部二号断裂带断层下降盘有一小型扇三角洲。北礁凹陷南部断层下降盘发育扇三角洲沉积和浊积体沉积,北礁西低凸起以及东低凸起北部发育碎屑岩浅水台地沉积,东低凸起南部发育滨海相沉积,深水区南部广泛发育滨海相边缘相带沉积。崖城层序高位体系域是在相对海平面上升后期且海平面上升速率降低时形成的。由于滨岸线不断向盆地中央推进,南部永乐隆起区物源直接入海,成为主要物源区。北部二号断裂带作为次要物源区,沉积物直接输入,总体呈补偿沉积。

总体来看,北部深水区古近系由湖变海过程中一致表现出多物源充注特征,而且低凸起也可以成为局部物源。陆相湖泊阶段表现出典型的缓坡,陡坡和长轴方向多物源注入特点,且在海盆阶段也表现出相似的多物源特点。北部深水区古近系高位体系域在白云凹陷和琼东南盆地两大地区的三角洲规模明显不同。白云凹陷高位体系域发育大型扇三角洲,包括北部缓坡带和长轴方向的两个物源区,但琼东南盆地高位域只有小型三角洲。这与白云凹陷受到古珠江三角洲影响有关,存在大型继承性物源,而琼东南凹陷高位体系域只有小型物源注入。

#### 4 珠海—陵水层序沉积特征

渐新世晚期全区发生海进,但海进方向存在差

异。东部白云凹陷—顺德—开平凹陷的海水可能由东部进入,由东向西海进;西部琼东南盆地可能存在东西两个海口,海水从两地进入盆地,继承崖城期的海进方向。白云—顺德凹陷珠海层序地层沉积受古地形控制,具有明显的填平补齐现象。白云凹陷珠海层序地层在白云主洼沉积物厚度大,沉积中心厚度 1 000 m 左右,该期属于海相沉积,为盆地沉积演化第三旋回发育期。根据岩性和沉积旋回,可分为三段:珠海层序低位体系域、珠海层序海侵体系域和珠海层序高位体系域。琼东南盆地深水区陵水层序同样受古地形控制,具有明显的添平补齐现象,在中央凹陷带沉积物厚 1000m 以上,该期属于盆地裂陷幕,为盆地沉积演化第三旋回发育期。

白云—顺德凹陷珠海层序低位体系域沉积期发育北部水系(河道—扇三角洲—滨浅海)、南部水系(扇三角洲—滨浅海)(图 6)。北部水系分别从西北和东北两个方向进入凹陷区,北部物源区从 PY 34-I-1 附近向东南方向进入白云凹陷主洼,南部物源从西南部云开低凸起上进入凹陷。珠海层序低水位沉积时期,由于水体较浅,东部物源区直接向北、西、南方向注入白云凹陷,作为次要物源区,北部番禺低隆起西北部为白云凹陷提供少量物源,西南部在低位海岸线附近发育小规模扇三角洲。顺德南洼西部斜坡发育小型扇三角洲,为顺德凹陷提供物源,开平凹陷及顺德主洼没有沉积。琼东南盆地深水区陵水层序低位体系域沉积时期,中央凹陷带以及北礁凹陷主要为浅海相沉积,东南部为滨海相沉积。陵水洼陷南部断层下降盘发育扇三角洲,北部发育滨海相边缘相带和小型低位扇。松南—宝岛凹陷 LS4-2-1 井东北方向存在一低位扇,西北方向为滨海相沉积,北部二号断裂带断层下降盘发育扇三角洲沉积。北礁凹陷南部断层下降盘发育扇三角洲沉积。北礁西低凸起区广泛发育滨海相沉积,在其东北部还发育一小型扇三角洲,东低凸起区同样广泛发育滨海相沉积。深水区东南部广泛发育滨海相沉积。陵水层序低位体系域沉积时期储层比较发育,特别是滨海相储层和扇三角洲储层。

白云—顺德凹陷海侵体系域沉积期发育一个水系:东北部水系(河道—扇三角洲—滨浅海)(图 7)。物源从白云凹陷东北部斜坡上沿着 98ec h02 向西南方向注入白云凹陷。珠海层序海侵体系域沉积时期,岸线向陆后退,盆地边缘沉积不断扩大,陆源碎屑物

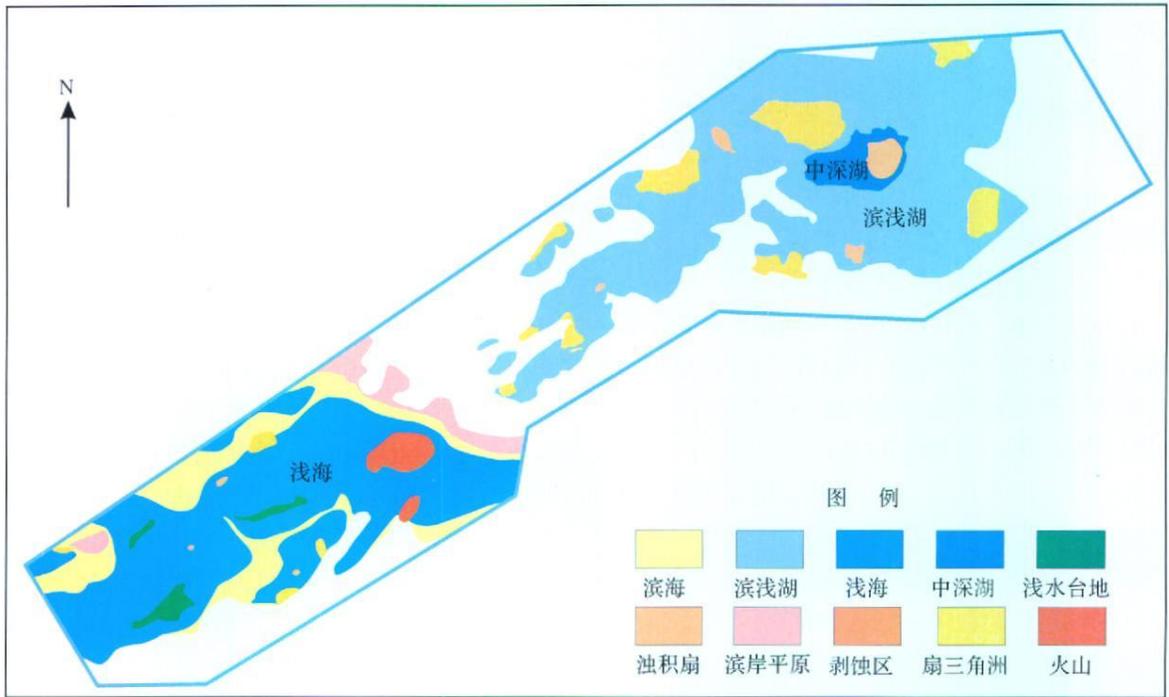


图 5 珠江口盆地—琼东南盆地深水区恩平—崖城层序高位体系域沉积相示意图

Fig. 5 Sedimentary facies of HST in Enping-Yacheng sequence within deep water area of Zhujiangkou and Qiongdongnan basin

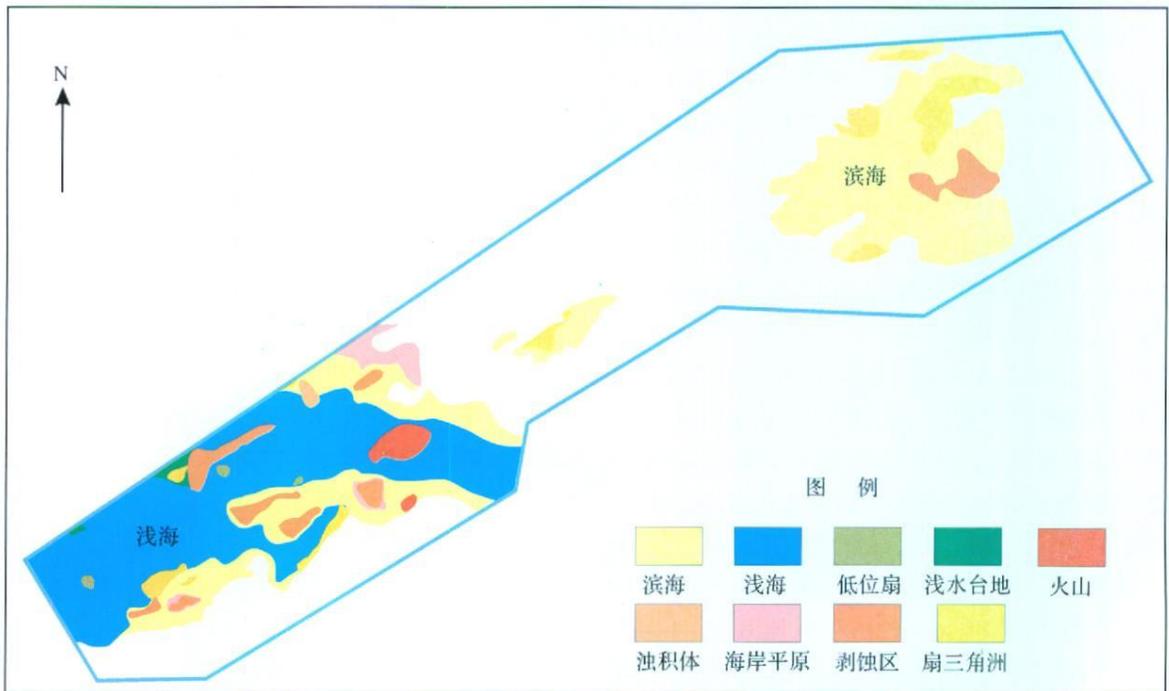


图 6 珠江口盆地—琼东南盆地深水区珠海—陵水层序低位体系域沉积相示意图

Fig. 6 Sedimentary facies of LST in Zhuhai-Lingshui sequence within deep water area in Zhujiangkou and Qiongdongnan basin

质供给降低,海水从东南方向侵入,海平面上升较快,物源供给不充分。相对于高位体系域,半深海区和滨浅海区的范围有所缩小。琼东南盆地深水区陵水层

序海侵体系域沉积期发育北部水系(扇三角洲—滨浅海)和南部水系(扇三角洲—滨浅海)。海侵体系域沉积时期相对于低位沉积期,浅海相范围进一步扩

大,中央凹陷带和北礁凹陷主要为浅海相沉积。陵水—乐东凹陷西北部发育扇三角洲—滨浅海沉积体系。松南洼陷 LS4-2-1 井东北部发育一浊积体,北部二号断裂带下降盘存在滨海边缘相带。北礁凹陷南部断层下降盘发育近物源扇三角洲沉积。北礁西低凸起广泛发育滨海相沉积。陵水层序海侵体系域沉积时期,岸线向陆后退,盆地边缘沉积不断扩大,陆源碎屑物质供给降低。由于海平面上升较快北部二号断裂带物源供给减少。南部物源直接输入,但由于供源流域小,物源供给不充分,为中央凹陷带浅海相烃源岩发育创造了有利条件。

白云—顺德凹陷高位体系域沉积期发育北部水系(河道—扇三角洲—滨浅海)和西部水系(三角洲—扇三角洲)(图 8)。北部水系分别从西北方向和东北方向进入凹陷区,西北部水系从云开低凸起向东进入白云主洼。珠海层序高位体系域,它是在相对海平面上升后期且海平面上升速率降低时形成的。由于滨岸线不断向盆地中央推进,北部番禺低隆起物源大量直接入海,成为主要物源区。西部物源区发育大型海相三角洲,也是白云凹陷的主要物源区。神狐隆起为开平凹陷北坡和顺德南洼北坡小型扇三角洲的发育提供物源。白云—顺德凹陷白云凹陷物源区沟—扇对应关系明显。物源区负地形与盆地内厚地层带相对应,且与高含砂带和部分前积相、充填相、丘状相等相关联。形成缓坡区的扇三角洲体系和陡坡区的近岸水下扇体系。陵水层序高位体系域沉积时期,中央凹陷带和北礁凹陷广泛发育浅海相沉积,陵水洼陷西北部发育扇三角洲—滨海水系,东南部发育扇三角洲—滨海沉积体系。松南洼陷南部发育一浊积体,松南—宝岛凹陷二号断裂带下降盘发育滨海相边缘相带。北礁凹陷南部断层下降盘发育扇三角洲—滨海水系,北礁凹陷东北部发育浊积体,宝岛洼陷南部发育扇三角洲,三角洲快速向宝岛洼陷北部沉积中心推进,其前方发育三角洲前缘滑塌成因的浊积扇。北礁西低凸起广泛发育滨海相沉积,其东部发育一扇三角洲,东低凸起发育滨海相沉积。深水区西南部同样广泛发育滨海相沉积。陵水层序高位体系域沉积时期,是在相对海平面上升后期且海平面上升速率降低时形成的。由于滨岸线不断向盆地中央推进,南部永乐隆起区物源大量直接入海,成为主要物源区;由于海平面相对下降,可容纳空间减小,东南部三角洲快速向凹陷中央推进,其前方发育三角洲前缘滑塌成因的浊积扇。

## 5 结语

根据地震相、地震速度岩性特征、沉积充填地形特征和区域地质背景等资料综合分析了南海北部深水区古近系各体系域的沉积相特征,获得以下主要认识:

建立了深水区古近系层序地层格架。共划分出三套沉积层序,即始新统—文昌层序,恩平—崖城层序和珠海—陵水层序。白云—顺德—开平凹陷 T6 界面在白云凹陷东部斜坡上表现为大范围、区域性上超不整合面,在顺德凹陷局部表现为顶超面。T7 界面在北部斜坡上表现为局部上超现象,在白云凹陷东部斜坡表现为局部顶超现象,在白云主洼表现为顶超现象,在南部斜坡上表现为区域性削蚀。在开平主洼表现为区域性削蚀, T7 界面在全区变化大,不整合现象十分丰富。T8 界面在白云凹陷北部斜坡上表现为一套连续强反射,在白云西南洼表现为区域性削蚀。Tg 界面在整个区域反射比较清楚,在白云东南斜坡上表现为对下覆前新生代的削蚀,而在整个白云,开平,顺德凹陷多表现为上超现象。琼东南盆地 S70 界面在浅水区崖南凹陷表现为削蚀现象,深水区中央凹陷带陵水凹陷同样表现为削蚀现象,其它地区表现为区域性上超; S80 在琼东南盆地为一区域不整合面,分布于凹陷内,横向变化较大,在不同的凹陷特征也不太相同,总体表现为强振幅低频连续性较好,其下多为一套弱反射,在琼东南盆地中央凹陷带地震上表现为区域性上超。S100 界面的反射特征总体为低频、连续、强反射,在不同的地方其反射特征会有不同程度的杂乱现象。

在南海北部深水区及邻区分析了古近系单井沉积相,确定了主要边缘相类型。在白云凹陷识别了 8 种沉积相;在琼东南盆地识别了 10 余种沉积相,包括滨海相、浅海相、扇三角洲相、浅水台地相、浊积体相、滨岸平原相等。综合应用单井相、地层等厚图、地震相平面图、地震砂岩指数平面图,参考断陷盆地沉积体系发育特征,结合构造背景,综合编制了全区各个体系域的沉积相平面图。

南海北部深水区始新统发育三个大型的湖泊区,东部为白云凹陷,西部为松南—宝岛凹陷和陵水—乐东凹陷。该时期表现出比较明显陆相断陷湖盆的分隔性,除了三大湖盆外,还发育 5~6 个小型湖泊。

渐新世早期海进区域集中在琼东南盆地。海水可能从东西两个方向进入琼东南盆地,形成东西两个浅海区,中间有滨海相和剥蚀区分隔。东部白云凹陷

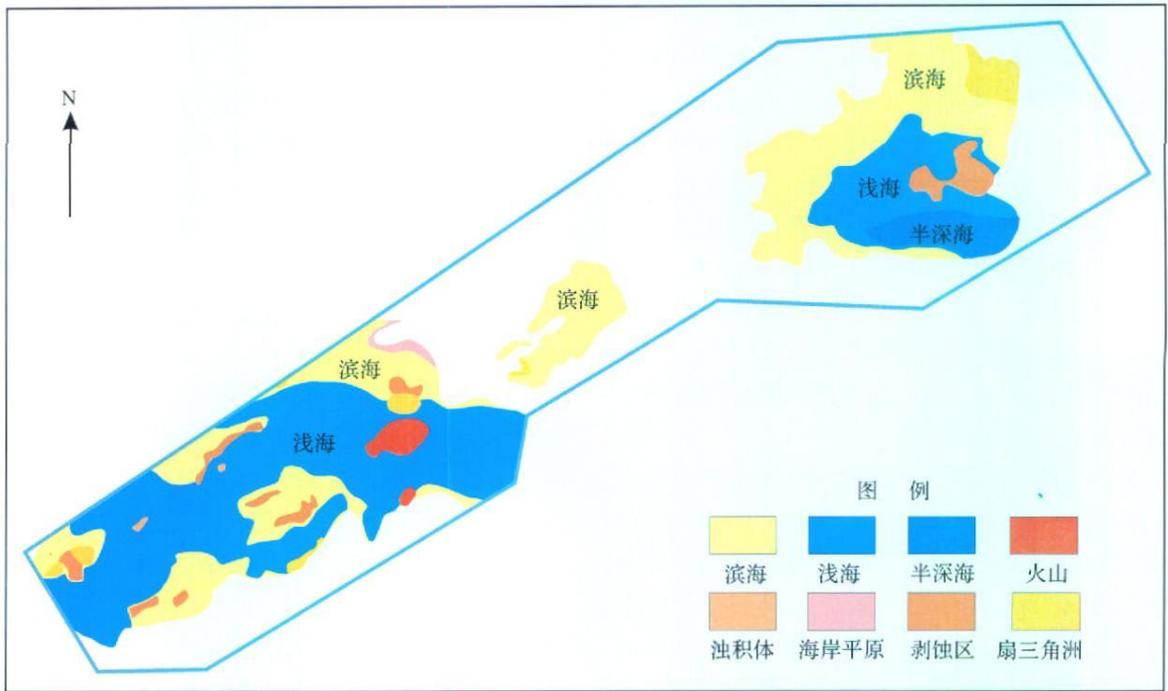


图 7 珠江口盆地—琼东南盆地深水区珠海—陵水层序海进体系域沉积相图

Fig. 7 Sedimentary facies of marine transgression systems tract in Zhuhai-Lingshui sequence within deep water area of Zhujiangkou and Qiongdongnan Basin

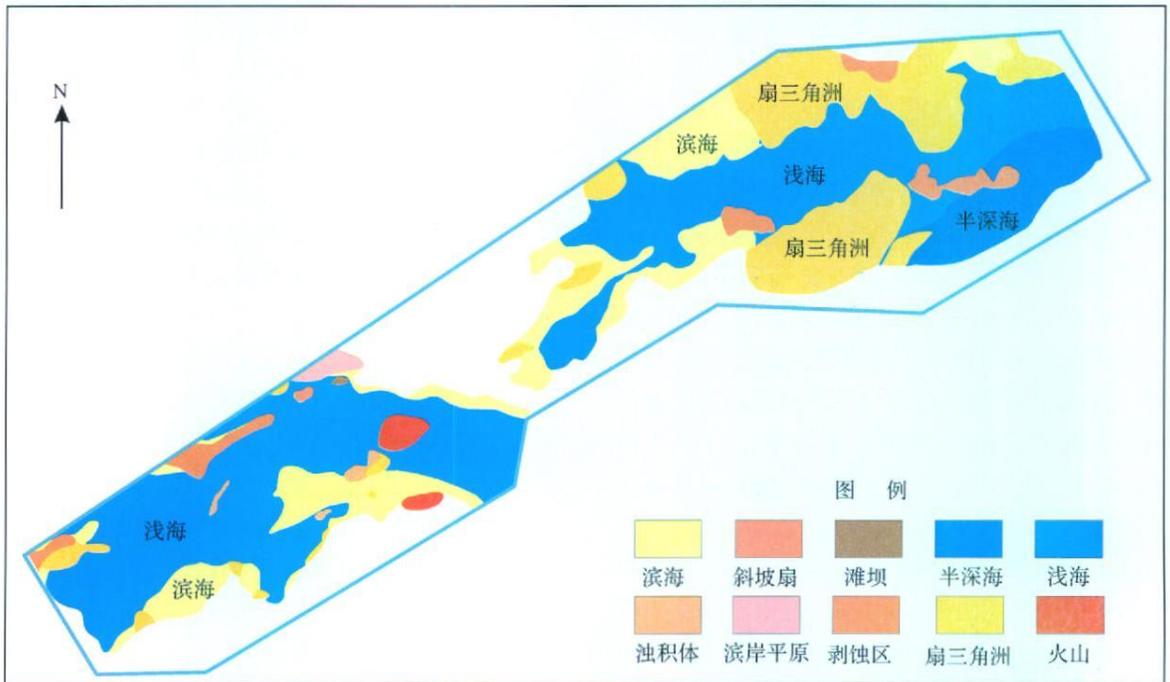


图 8 珠江口盆地—琼东南盆地深水区珠海—陵水层序高水位体系域沉积相图

Fig. 8 Sedimentary facies of HST in Zhuhai-Lingshui sequence within deep water area of Zhujiangkou and Qiongdongnan Basin

未发育海进,保持湖泊环境。顺德—开平凹陷亦为湖泊环境,由独立的湖泊相逐渐扩大为连片湖相沉积。

渐新世晚期全区发生海进,但海进方向存在差

异。东部白云凹陷—顺德—开平凹陷的海水可能由东部进入,由东向西海进;西部琼东南盆地可能存在东西两个海口,海水从两地进入盆地,继承崖城期的

海进方向。

深水区古近系由湖变海过程中一致表现出多物源充注特征,而且低凸起也可以成为局部物源。陆相湖泊阶段表现出典型的缓坡、陡坡和长轴方向多物源注入特点,且在海盆阶段也表现出相似的多物源特点。北部深水区古近系高位体系域在白云凹陷和琼东南盆地两大地区的三角洲规模明显不同。白云凹陷高位体系域发育大型扇三角洲。包括北部缓坡带和长轴方向的两个物源区,但琼东南盆地高位域只有小型三角洲,这与白云凹陷受到古珠江三角洲影响有关,存在大型继承性物源,而琼东南盆地的凹陷高位体系域只有小型物源注入。

### 参考文献 (References)

- 1 张功成,米立军,吴时国,等. 深水区——南海北部大陆边缘盆地油气勘探新领域 [J]. 石油学报, 2007, 28 (2): 15-21 [ Zhang Gongcheng, Mi Lijun, Wu Shiguang, et al. Deep water area—a new exploration field for oil & gas resources in continental margin basin around the northern part of South China Sea [J]. Acta Petroli Sinica, 2007, 28 (2): 15-21]
- 2 朱伟林,张功成,杨少坤,等. 南海北部大陆边缘盆地天然气地质概论 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2007: 1-350 [ Zhu Weilin, Zhang Gongcheng, Yang Shaokun, et al. Introduction on Gas Geology of Continental Margin Basins in the Northern Part of South China Sea [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2007: 1-350]

- 3 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 [M]. 石油学报, 2008, 29: 1-9 [ Zhu Weilin, Zhang Gongcheng, Gao Le. Characteristics of oil and gas geology and its exploration direction within continental margin basins in the northern part of South China Sea [M]. Acta Petroli Sinica, 2008, 29: 1-9]
- 4 朱伟林,吴国璋,黎明碧. 南海北部陆架北部湾盆地古湖泊与烃源条件 [J]. 海洋与湖沼, 2004, 35: 8-14 [ Zhu Weilin, Wu Guoxuan, Li Mingbi. Paleolake and hydrocarbon source condition in Beibuwan basin in the continental shelf of the northern part of South China Sea [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2004, 35: 8-14]
- 5 米立军,刘震,张功成,等. 南海北部深水区白云凹陷古近系烃源岩的早期预测 [J]. 沉积学报, 2007, 25 (1): 139-146 [ Mi Lijun, Liu Zhen, Zhang Gongcheng, et al. Early forecast and evaluation study on chief source rock in Baiyun Depression [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25 (1): 139-146]
- 6 刘震,吴因业. 层序地层框架与油气勘探 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1999: 20-23 [ Liu Zhen, Wu Yinye. Sequence Stratigraphy Framework and Hydrocarbon Exploration [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999: 20-23]
- 7 刘震,张万选. 陆相断陷盆地地震相解释专家 [J]. 石油地球物理勘探, 1992, 27 (2): 261-269 [ Liu Zhen, Zhang Wanxuan. Interpretation expert on seismic facies in continental faulted basin [J]. Petroleum Geophysical Exploration, 1992, 27 (2): 261-269]
- 8 朱筱敏. 层序地层学 [M]. 北京: 石油大学出版社, 2000: 15-23 [ Zhu Xiaomin. Sequence Stratigraphy [M]. Beijing: Press of Petroleum University of China, 2000: 15-23]

## Sedimentary Evolution of Paleogene Series in Deep Water Area of Zhujiangkou and Qiongdongnan Basin

ZHANG Gong-cheng<sup>1</sup> LIU Zhen<sup>2</sup> MILIjun<sup>3</sup> SHEN Huailei<sup>1</sup> GUO Rui<sup>1</sup>

(1 Research Center of CNOOC (China), Beijing 100027; 2 China University of Petroleum (Beijing), Beijing 100027; 3 Department of Exploration in CNOOC (China), Beijing 100010)

**Abstract** Three sedimentary sequences have been divided in the deep water area from the Paleogene system of Zhujiangkou-Qiongdongnan basin, i.e. Eocene Wenchang, Enping-Yacheng and Zhuhai-Lingshui sequences. In combination with the data from well facies, strata isopach, seismic facies and seismic sandstone index maps, together with depositional characteristics of faulted basin and tectonic background, the integrated sedimentary facies maps have been figured out for each systems tract in the study area. Three large lacustrine areas were developed in the deep water area around the northern part of South China Sea, including the Baiyun depression in the east, Songnan-Baodao depression and Lingshui-Ledong depression in the west. During this period, the segment features were obvious, i.e. five or six small-scaled lakes were also developed apart from the three large lake basins. During the early Eocene, the sea transgression area was mainly in Qiongdongnan basin, and seawater was probably flushed into the basin from both the west and east directions to form two shallow sea areas divided by the erosion area while the Baiyun depression was not influenced by sea transgression to keep lacustrine environment. At the same time, Shunde-Kaiping depression also maintained the lacustrine environment which was gradually enlarged from small lakes into the united giant lake. During the late period, the overall sea transgression took place in the study area, but there existed the difference of transgression directions, e.g. the sea water emplaced from the east in the Baiyun-Shunde-Kaiping depression, and there might exist two seamounts in the Qiongdongnan basin for sea transgression which inherited the sea flushing direction of Yacheng in.

**Key words** continental margin, sequence stratigraphy, lake, ocean, deep water area