

文章编号: 1000-0550(2012)01-0073-11

珠江口盆地海相层序地层发育的控制因素分析^①

陈维涛¹ 杜家元¹ 龙更生¹ 张尚锋² 李向阳²

(1. 中国海洋石油(中国)有限公司深圳分公司 广州 510240; 2. 长江大学地球科学学院 湖北荆州 434023)

摘要 在对珠江口盆地海相地层珠海组—粤海组层序类型和发育模式分析的基础上,根据层序的结构特点,分析了珠江口盆地海相层序地层发育的控制因素。认为构造运动、继承性古地理格局、相对海平面变化和沉积物供应是珠江口盆地海相层序地层发育的主要控制因素,但在不同时期主控因素不一样。晚渐新世—早中新世是盆地结构调整的重要时期,构造运动和继承性古地理格局对层序发育产生重要影响;在构造运动相对平静时期,层序结构主要受相对海平面变化和沉积物供应的影响;而古珠江三角洲体系平面上的影响范围以及周边地区其它物源的加入使得同一个层序在盆地不同位置表现出不同的特点。

关键词 层序地层 珠江口盆地 海相 控制因素

第一作者简介 陈维涛 男 1983年出生 工程师 层序地层学、沉积学 E-mail: chenwt2@cnooc.com.cn

中文分类号 P539 **文献标识码** A

0 引言

自南海运动之后珠江口盆地逐渐从断陷湖盆转化为准被动大陆边缘盆地,发育了从珠海组以来的海陆过渡相和海相地层,而这套地层正是目前珠江口盆地的主力产油层系(尤其是下部珠海组和珠江组)。针对这套海相地层的层序地层学研究始于20世纪80年代末,经过20多年的勘探开发实践,层序地层学得到了广泛的发展和运用;目前在珠江口盆地油气勘探的各个区块都进行过针对性的层序地层学研究,积累了大量基础资料和成果认识^[1-5]。但前人的研究大多针对珠江口盆地的某一地区进行的^[3-5],缺少对这套海相地层形成演化的全盆地统一的认识;加之各个区块所进行的层序分层并不十分一致,造成彼此之间不能很好的进行对比。同时,珠江口盆地经过多年的钻探,显形的构造圈闭越来越少,钻探风险越来越大,隐蔽油气藏勘探也逐步被提到议事日程。这些问题都对层序地层学工作提出了更高的要求;在这种形势下,我们试图针对珠江口盆地上部海相地层这一地震资料品质相对较好、钻井相对较多的层段开展全盆地统一的三级层序地层划分,以期能够形成对这套地层相对等时的层序对比。而层序地层发育的控制因素是导致盆地不同区域,演化不同阶段层序特征出现差异或有规律变化的主要原因,也是我们认识层序成因和结构特征的重要参照;因此,

对这套海相地层进行层序发育的控制因素分析对于指导层序地层的划分和解释,以及更深刻的认识层序的类型和结构,具有重要的意义。

1 区域地质概况

珠江口盆地位于南海北部大陆边缘,总体呈NE—SW向展布,东西长约800 km,面积约 $17.8 \times 10^4 \text{ km}^2$,是南海北部一个重要的含油气盆地。它处于欧亚、太平洋和印度洋三大板块交汇处,是一个在加里东、海西、燕山期褶皱基底上形成的准被动大陆边缘盆地。地壳拉张导致位于板块交汇处的珠江口盆地形成了南北分带、东西分块的构造格局,从北至南,新生代沉积盆地大致分布在走向NE—NEE的坳陷带中,坳陷带之间为3条隆起带相隔,形成“二坳三隆”的格局。同时,这些NE—NEE向构造又被若干NW向断裂所切割,成为走向略有不同的若干段,形成“东西分块”的格局(图1)^[6,7]。

珠江口盆地地层自下而上为始新统文昌组、始新统一渐新统恩平组、渐新统珠海组、下中新统珠江组、中中新统韩江组、上中新统粤海组和上新统万山组(图1)。其中,文昌组和恩平组为断陷湖盆沉积,主要发育河流相、湖泊相和沼泽相,是盆地的主要烃源岩。从珠海组时期盆地开始海侵,发育海陆过渡相砂泥岩沉积;到珠江组时期海侵范围迅速扩大,水体变深,发育准被动大陆边缘盆地背景上的海陆过渡相三

①十一五国家科技重大专项(编号:2008ZX05023-002)资助。
收稿日期:2011-02-22; 收修稿日期:2011-04-12

地 层			年 龄 /Ma	地 震 反 射 层	阶 演 段 化	主 要 构 造 运 动	古 气 候 事 件	
系	统	组						
第四系								
新近系	上新统	万山组	~1.75	T20	断块升降阶段	流花运动	大陆冰川 北极冰盖形成 (3.6~2.6Ma)	
		粤海组	~5.5	T30		海岸山脉 运动(台湾)		
	中新统	中	上	~10.5	T32	沉降拗陷阶段	东沙运动	南极冰盖形成 (14.2~13.6Ma)
			中	~13.8	T35			
		下	~16.5	T40				
	下	珠江组	~18.5	T50				
古近系	渐新统	上	~23.8	T60	沉降拗陷阶段	白云运动		
		下	30 32	T70		南海运动		
	始新统	上	恩平组	36	T80	伸展裂陷阶段	珠琼运动二幕	
		中	文昌组	39	T90		珠琼运动一幕	
		下	神狐组	49	Tg			
	古新统		54			神狐运动		
前古近系		65						

图 2 珠江口盆地主要构造运动事件表

Fig. 2 The main tectonic movements in Pearl River Mouth basin

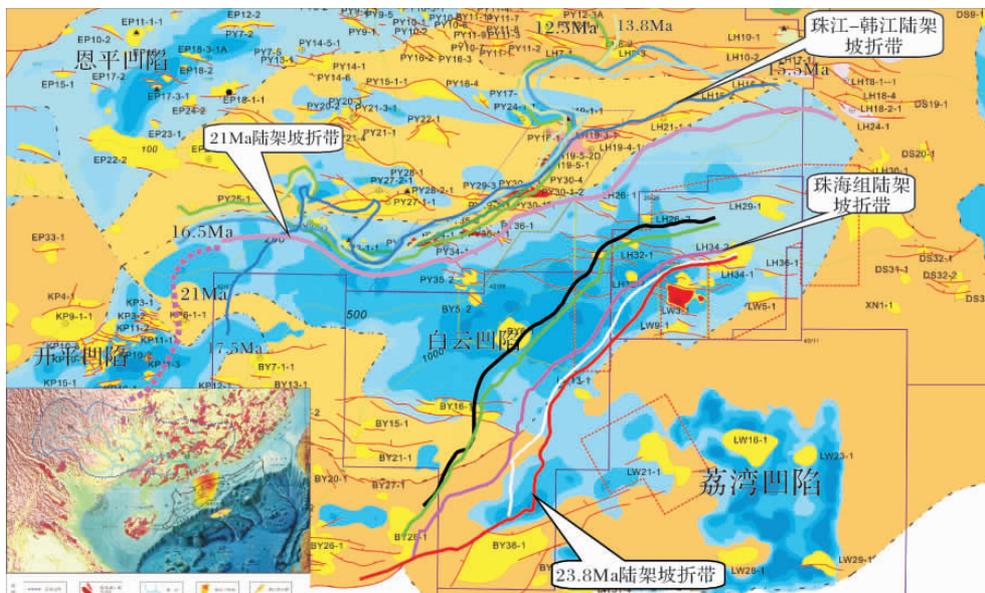


图 3 珠江口盆地珠海组—韩江组各层序陆架坡折带分布^[13, 14]

Fig. 3 The distribution of each sequence's shelf break from Zhuhai to Hanjiang Formation in Pearl River Mouth basin^[13, 14]

陆架坡折跃迁到白云北坡,从而拗陷期准被动大陆边缘盆地成型,此后盆地进入相对稳定的时期。

东沙运动发生于中中新世末至晚中新世末,是盆地在沉降阶段受菲律宾岛弧与台湾发生碰撞的影响,发生了断块升降、局部挤压褶皱、隆起、剥蚀和频繁的断裂、岩浆活动,致使东沙隆起和潮汕拗陷韩江组、粤海组和万山组地层遭受不同程度的剥蚀及生物化石(有孔虫、钙质超微)的部分缺带现象。东沙运动虽没有对盆地结构造成重大影响,但仍然形成一区域不整合面,其影响的程度从东北部向西南逐渐减弱。韩江组晚期到粤海组早期地层在白云北坡陆架坡折带附近发育一套滑塌沉积,地震特征表现为杂乱、下切等特征,认为与东沙运动有关。

珠江口盆地海相地层沉积期间的三次构造运动都对层序地层产生重要影响,南海运动和白云运动是盆地性质转变和结构调整的重要事件,东沙运动也形成局部强烈抬升剥蚀,三次事件都形成了区域不整合面,构成二级层序界面。从层序地层的叠加样式看,每次构造运动之后都有一次规模较大的海侵,表现为构造运动界面之上的三角洲强烈退积或者大规模地层上超;而三次构造运动造成的海岸上超依次向北西推进,说明盆地一直处于持续的拗陷扩张发展阶段。在两次构造运动之间是盆地相对稳定时期,地层沉积主要受沉积物供应和相对海平面变化影响。

2.2 继承性盆地格局对层序地层的影响

珠江口盆地拗陷期海相地层是在断陷盆地基础上发育的,南海运动和白云运动使盆地结构发生调整。但断陷期的盆地格局并没有因为盆地结构的调整而完全消失,在珠海组到珠江组早期仍然保持断陷

盆地的继承性格局,从而对这一时期盆地的沉积充填和层序发育产生重要的影响;这一影响伴随着盆地结构转化期的结束和沉积充填的填平补齐而逐渐减弱。

(1) 继承性古隆起的影响

珠海组沉积早期,海侵从荔湾凹陷逐渐向西北推进,早期盆地大部分区域处于隆起状态,层序地层受到云开低突起、东沙隆起和南部隆起带等突起的影响,在白云凹陷呈现为一局限海湾的形态,主要沉积地层也以近物源粗碎屑沉积为主;伴随着海侵的扩大和沉积充填的填平补齐,沉积范围向西北扩展,古隆起的影响逐渐减弱,物源也从近物源为主向远物源转化。东沙隆起因规模较大和持续的抬升,其影响的程度更大,在珠海组到珠江组早期一直处于隆起状态,并向周边提供物源,其周边可能发育滨岸相。盆地转型之后到18.5 Ma最大海侵,东沙隆起被水淹没,成为水下隆起,其上发育碳酸盐岩台地,这一古隆起地形使惠州凹陷处于障壁性海环境,北部是古珠江三角洲带来的浊水沉积,隆起之上为清水碳酸盐沉积,两者之间的低洼地区在低海平面时期,主要受潮汐的影响;在高海平面时期,主要接受三角洲远源细粒沉积;伴随着海平面持续上升,三角洲沉积逐渐向东沙隆起超覆,到珠江组末期越过东沙隆起,碳酸盐清水沉积被三角洲浊水沉积所取代(图4)。在云开低突起和南部隆起带部分突起区珠海组到珠江组早期也有碳酸盐岩发育,对周围碎屑岩储层产生重要的影响。

(2) 断陷期凹陷地形对早期海相地层的影响

由于在海相地层发育早期对断陷期凹陷地形具有一定的继承性,同时,凹陷中心位置差异压实和沉降更为强烈,所以断陷期凹陷地形对早期海相地层的

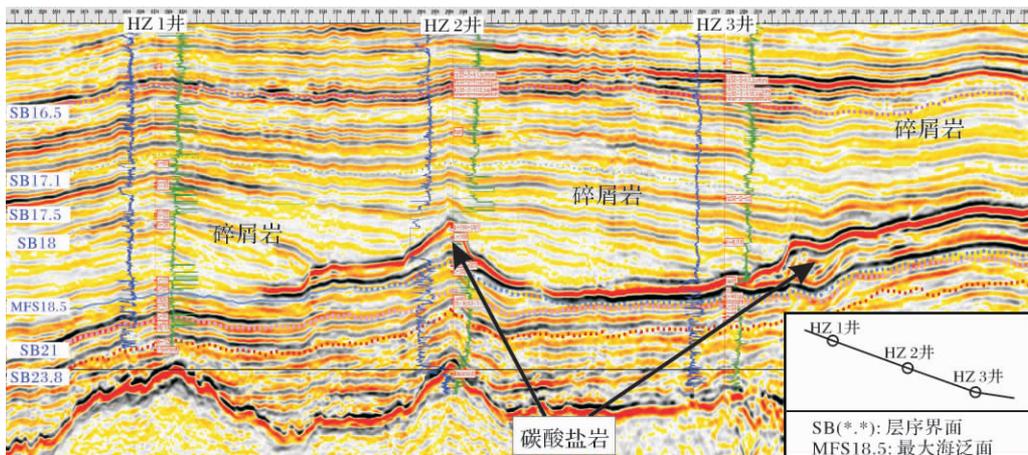


图4 东沙隆起地形对惠州地区沉积的影响

Fig. 4 The influence of Dongsha massif to the sedimentation of Huizhou area

发育具有重要的影响。

由于凹陷不同位置差异压实和沉降幅度不同, 珠一坳陷珠江组地层在凹陷中心部位沉积厚度较大, 而向周边隆起区具有减薄趋势, 形成向凹陷两侧上超的特征; 这种影响随着海相地层的增厚而逐渐减弱, 到珠江组晚期影响基本消失。

在惠州地区, 靠陆一侧由于三角洲的前积作用叠加在断陷期古地貌基础之上形成三角洲前缘背景之上的沉积坡折, 坡折主要发育在 HZ21-1-1 井区到 HZ26-1-1 井区一带; 向海一侧由于东沙隆起在古近纪抬升较大, 珠海组时期暴露地表, 而珠江组时期发育碳酸盐岩台地; 在沉积坡折和东沙隆起之间形成一个低洼地带, 这一低洼地带在低海平面时期仍然接受沉积, 从而形成陆架上低洼区沉积的低位体系域; 受这一地形特点影响的层序主要是珠江组 NSQ2(21 ~ 18 Ma)、NSQ3(18 ~ 17.5 Ma)、NSQ4(17.5 ~ 17.1 Ma) 三个层序(图 5)。惠州地区在珠江组时期虽然受到东沙隆起碳酸盐岩台地的影响呈一局限海湾的格局, 但在南段可能向广海敞开, 仍然受到海平面变

化的影响, 其低位体系域沉积时间仍可能和白云凹陷陆架坡折带附近的低位体系域相对比。

珠二凹陷和南部隆起带由于白云运动造成的强烈沉降逐渐转化为大陆坡, 白云凹陷和荔湾凹陷在继承性构造格局的基础上成为陆坡内盆地, 这使得大陆坡并非一个平坦的斜坡地形, 而是呈现出“W”的形态。从陆架边缘来的沉积物首先充填大陆坡上的低洼地区, 之后才向广海延伸, 从而造就了珠江组沉积初期大陆坡背景上低洼地区多个斜坡扇体纵向叠置的发育形式。伴随着沉积充填和进一步的构造调整, 陆坡内盆地在珠江组沉积晚期逐渐减弱并趋于消失(图 6)。

(3) 陆架坡折的影响

在珠江口盆地, 从珠海组中期开始发育陆架坡折, 在珠海组中晚期陆架坡折位于南部隆起带附近, 23.8 Ma 之后白云凹陷受到深部幔源作用产生强烈沉降, 陆架坡折带由白云凹陷南侧北移至白云北坡的番禺低隆起, 自 21 Ma 以来基本上稳定在这一区域, 成为控制沉积和层序发育的重要因素之一。在 21 ~

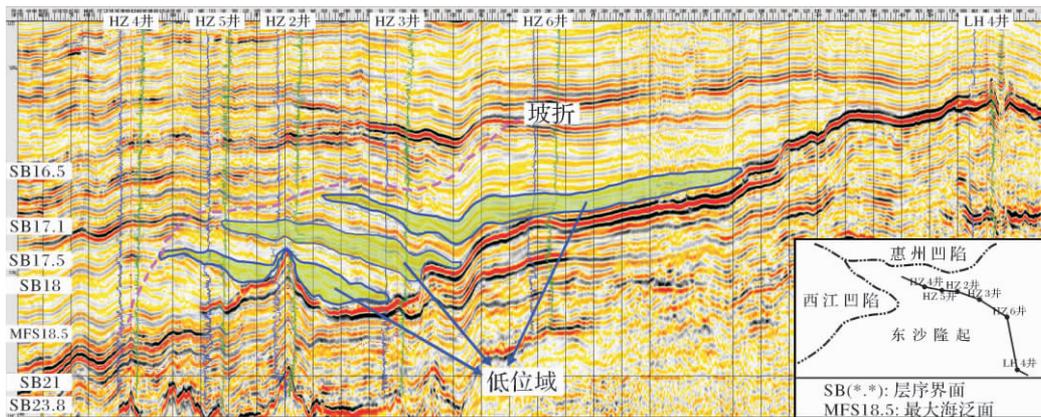


图 5 惠州地区珠江组沉积时期存在的沉积坡折及其控制下的低位体系域特征

Fig. 5 The feature of sedimentary slope breaks and related lowstand system tracts in the period of Zhujiang Formation forming in Huizhou area

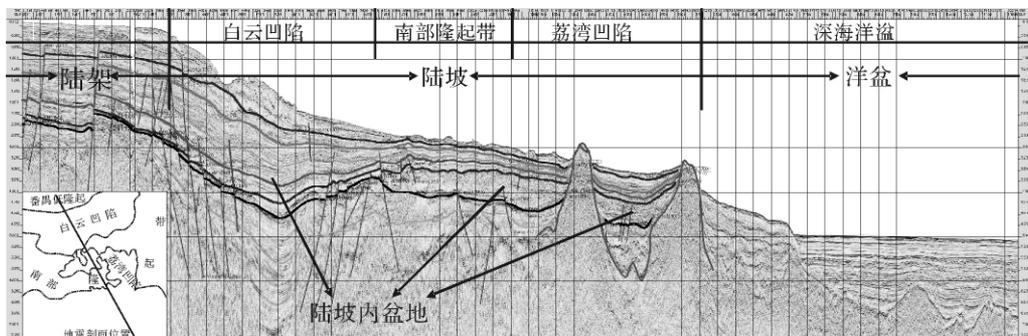


图 6 珠江口盆地陆架坡折及陆坡内盆地特征

Fig. 6 The feature of shelf break and continental slope inner basin in Pearl River Mouth Basin

5.5 Ma 期间,三角洲沉积体系主要分布于陆架区,白云—荔湾凹陷区处于陆架坡折外的斜坡内凹陷半深海—深海环境,斜坡上发育滑塌、重力流,下斜坡—盆地底部发育浊流沉积^[8]。

陆架坡折带的存在导致从坡折带向陆和向海方向沉积体系的分异,陆架上发育以古珠江为供源系统的富砂三角洲体系,陆坡上以白云凹陷和荔湾凹陷继承性凹陷背景上形成的陆坡内盆地成为珠江深水扇系统的沉积场所,而位于坡折上的下切沟谷成为沟通两者的通道。陆坡上沉积物的性质和结构主要受古珠江供给到陆架坡折附近的沉积物总量和性质以及

陆坡地形的控制;珠江口盆地周期性的相对海平面变化使得低水位时期珠江三角洲砂质沉积物多次推进到陆架边缘,而相对低海平面时期陆架坡折带下方构成了多个峡谷水道—深水扇复合沉积体系,为陆坡区供应了大量的沉积物。

以上继承性盆地格局对海相地层的影响,主要是由于盆地格局转化过程中先前沉积古地貌对后期沉积充填和地层特征的影响,主要发生在海相地层沉积早期,使得这一时期层序结构呈现出有别于典型被动大陆边缘盆地层序格架的特点。

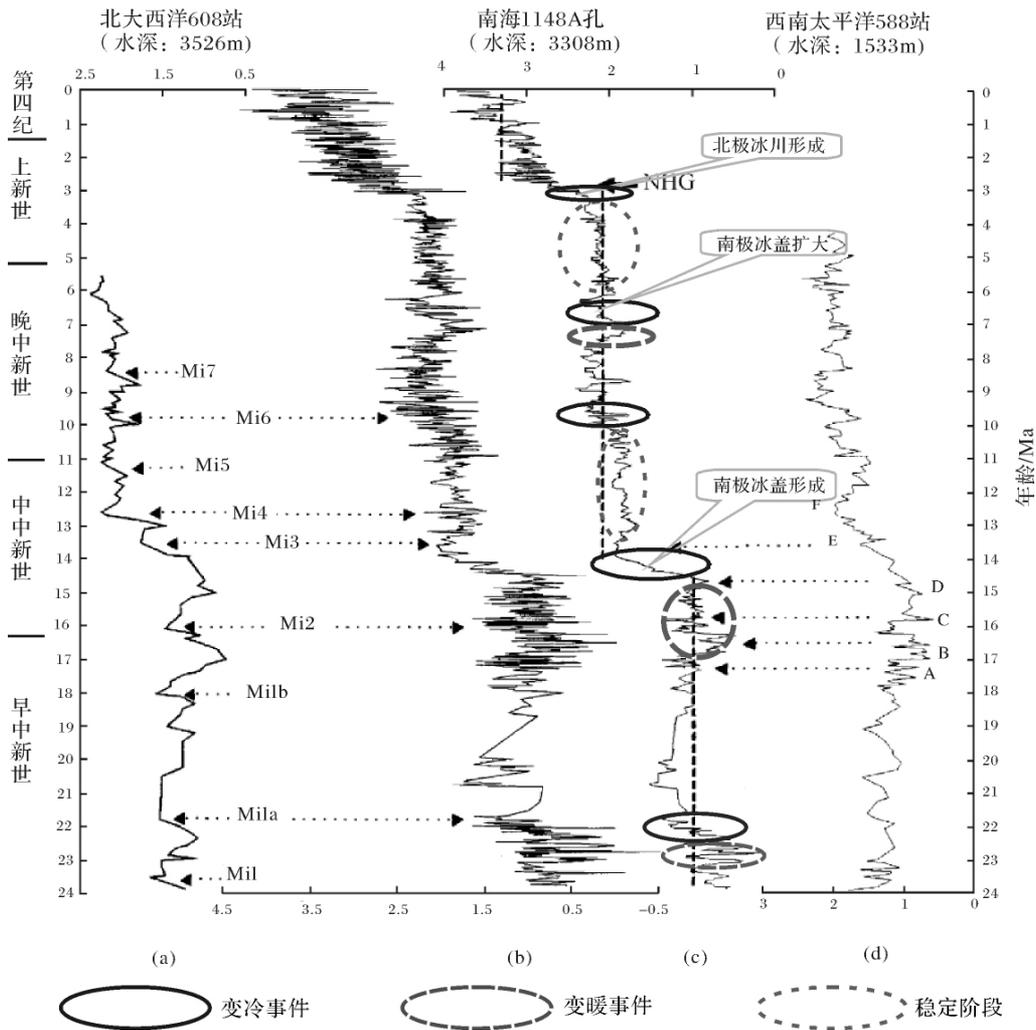


图7 南海 ODP1148 站 (b, c) 与北大西洋 608 站 (a) 和西南太平洋 588 站 (d) 晚新生代底栖有孔虫氧同位素地层对比^[15, 16]

(c) 图为 1148 站氧同位素 5 点平滑曲线, 垂直虚线分别为 3 个 $\delta^{18}\text{O}$ 平台的平均值; Mi1-7 代表中新世 $\delta^{18}\text{O}$ 变重事件, A—D 代表氧同位素变轻事件, E、F 为变重事件, NHG 代表北半球冰盖形成事件

Fig. 7 Neogene oxygen isotopic stratigraphy of benthic foraminifera at Site 1148, northern South China Sea (b, c) and its comparison with Site 608 (North Atlantic) (a) and 588 (Southwest Pacific) (d). (c) the 5-point smoothing curve for Site 1148, and the vertical dotted lines indicate the average values for the three $\delta^{18}\text{O}$ terraces. Mi1-7 indicates Miocene $\delta^{18}\text{O}$ maximum events;

A—D indicate $\delta^{18}\text{O}$ minimum events, E and F indicate $\delta^{18}\text{O}$ maximum events; NHG indicates North Hemispheric Glaciation^[15, 16]

2.3 海平面升降对层序地层的影响

在南海运动和白云运动之间的珠海组和白云运动与东沙运动之间的珠江、韩江组处于盆地构造运动相对稳定的时期,相对海平面变化成为影响层序发育的主要因素。南海海域新近纪以来海平面变化频繁,对三级层序的形成发育产生重要影响^[2]。根据ODP1148站所进行的氧同位素分析,在新近纪共有5次氧同位素增大事件,对应5次气候变冷事件,分别为22.2~21.6 Ma、14.5~13.6 Ma和10.2~9.4 Ma,7.2~6.2 Ma和3.0~2.4 Ma(图7);这些事件基本上都对应于珠江口盆地的三级层序界面,说明海平面变化与气候因素有关,影响了层序地层的发育。

海平面升降旋回形成了同一个层序内部不同体系域的分异。Vail经典层序地层学理论就是在被动大陆边缘盆地背景下提出的,而珠江口盆地新近纪以来作为我国最为典型的海相被动大陆边缘盆地对于Vail的经典层序地层学理论具有非常好的适用性^[17,18]。在同一个三级层序内部,低海平面时期,岸线向海迁移,可容纳空间主要位于陆架坡折附近及以下,形成低位体系域;在海平面上升期间,可容纳空间增大,岸线向陆迁移,形成退积式的海侵体系域;在相对海平面上升到高点之后的缓慢上升到缓慢下降阶段,是陆架上三角洲发育的主要时期,地层以加积和“S”形前积为特征,形成厚层的高位体系域;随着海平面下降速度的增大,可容纳空间迅速减小,形成外陆架到陆架边缘的强制性海退沉积。在珠江口盆地,21 Ma以来陆架坡折一直稳定在白云北坡附近,相对海平面下降使得三角洲物源推进到白云北坡陆架坡折区,这为白云凹陷和荔湾凹陷区半深海—深海沉积

提供了丰富的物源。新近系以来南海的持续扩张使得珠江口盆地整体上呈现出持续海侵的海平面变化特征,因此,每次海平面下降之后的海侵体系域也较为发育,尤其是在层序边界SB21、SB13.8、SB10.5之上都形成了以上超和退积为主的海侵体系域。高位体系域主要发生在陆架区,以三角洲平原—前缘相的前积结构为特征,而这一特征也为我们分析不同层序海平面下降的相对位置提供了依据。

珠江口盆地具有相对宽缓的大陆架,相对海平面下降的程度不同造成了不同的层序边界和层序类型。当海平面下降到陆架坡折之下,陆架暴露地表,造成陆架和陆架边缘河流下切,形成下切谷,其中陆架坡折附近河流下切强烈,切割谷较易保存和识别,如珠江口盆地SB21、SB13.8及SB10.5层序界面上的切割谷,这种情况会形成特征明显的I型层序界面,同时,一个完整的三级海平面旋回过程中也形成低位体系域、海侵体系域和高位体系域的分异。以NSQ2(21~18 Ma)三级层序为例,层序底界面SB21是典型的I型层序界面,在白云北坡和惠州地区特征都很明显。在白云北坡发育陆架坡折带,坡度相对较陡,界面之下地层削截特征明显,界面之上上超和下切特征清晰;在PY8井、PY9井、PY10井区附近层序界面之上为一套低位前积楔状体(图8);MFS18.5为该层序的最大海泛面,在番禺低隆起和白云北坡,该界面位于海侵体系域砂岩之上第一个向上变细旋回的顶面,界面之上以泥岩和粉砂岩等细粒沉积为主(图9)。SB18为该层序高位三角洲前积的顶部包络面,在番禺低突起附近界面之上顶超特征明显。

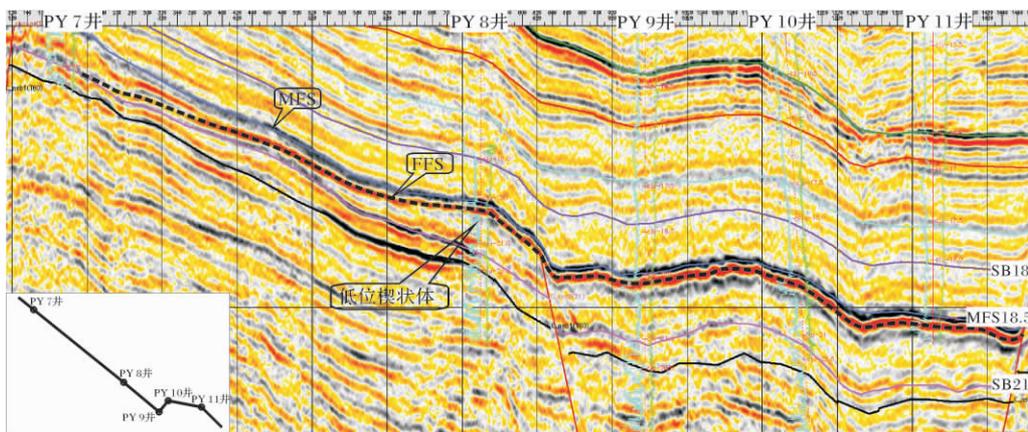


图8 NSQ2(21~18 Ma)层序在白云北坡的界面及低位前积楔状体特征

Fig. 8 The feature of sequence boundary and lowstand progradational wedge set of sequence NSQ2(21~18 Ma) in the north slope of Baiyun depression

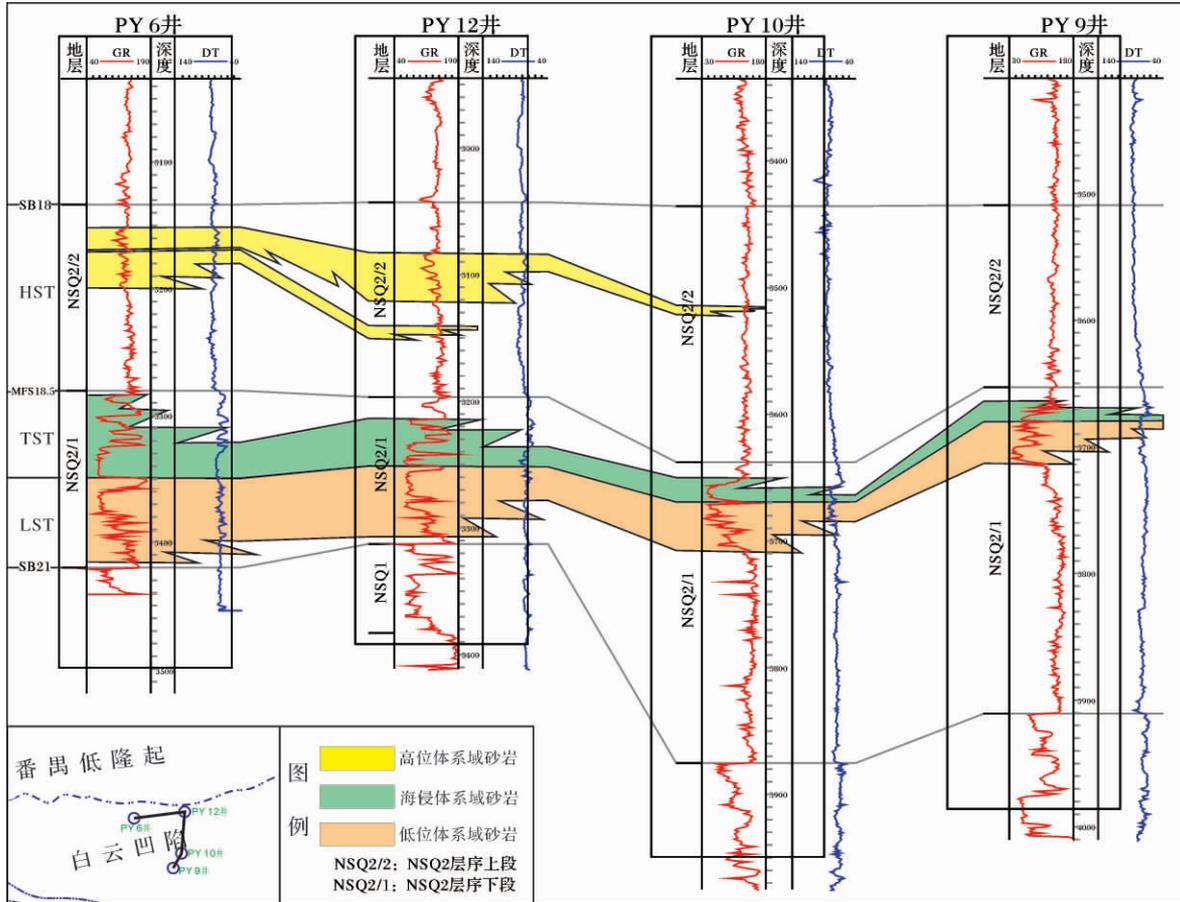


图9 NSQ2(21 ~ 18 Ma) 层序在白云北坡连井剖面体系域划分

Fig. 9 System tract division of multi-crosswell profile of sequence NSQ2(21 ~ 18 Ma) in the north slope of Baiyun depression

当海平面下降速率较小时,在陆架上沉积滨线坡折向海迁移,以古珠江为陆源碎屑物供源体系的三角洲沉积体系向海方向进积,但并未达到陆架坡折,只在陆架上形成沉积坡折,这种情况形成 II 层序界面,以该类型界面为底界面的三级层序为 II 型层序。II 型层序界面因相对海平面下降幅度较小,只在沉积滨线坡折带向陆一侧分布范围相对较小的陆上暴露及不整合;同时,海岸上超向下迁移至沉积滨线坡折带向陆一侧并形成由进积到加积准层序构成的陆架边缘体系域。在珠江口盆地以 NSQ11、NSQ13 和 NSQ14 三个三级层序为代表,在低海平面时期,古珠江三角洲退到番禺低隆起北侧,在三角洲前缘背景上形成沉积滨线坡折,坡折向海一侧为覆盖外陆棚的粉砂岩、泥岩沉积,地震同相轴十分连续、平行;到白云北坡陆架坡折带附近,可容空间迅速增大,细粒沉积物在此处堆积,形成多期前积体;虽然在陆架坡折附近出现了特征明显的前积、滑塌和下切沟谷,但这些沉积构造都是在水下由于陆架坡折处地形的突变和

不稳定而形成的。以 NSQ13(8.5 ~ 6.3 Ma) 为例,层序底界面 SB8.5 是以前一个层序高位域三角洲前积体顶部包络面为识别特征的,在番禺低隆起北侧界面之下削截特征明显,界面之上发育上超特征,在白云北坡,界面附近对下伏地层的切割特征明显;层序顶界面跟底界面特征类似,只是发育的位置稍有不同。该层序底顶界面都是 II 型层序界面,底界面之上从前一个层序三角洲前缘背景上的沉积坡折处开始上超,发育一套以加积为主的陆架边缘体系域,海侵体系域相对较薄,在连井剖面上以向上变细正旋回的顶面为最大海泛面,高位体系域是一套以加积和前积为主的三角洲—陆棚体系(图 10)。该层序发育两处前积,第一处位于 PY3 井到 PY4 井附近,是古珠江三角洲前缘发育的区域,地震剖面上形成叠瓦状前积结构;以该区域为分界,向陆一侧以三角洲平原相为主,地震结构以弱前积和加积为主,同相轴弱连续,亚平行;向海一侧逐渐过渡到前三角洲陆棚相,沉积物以细砂岩、粉砂岩、泥岩为主,地震同相轴连续、平行,地

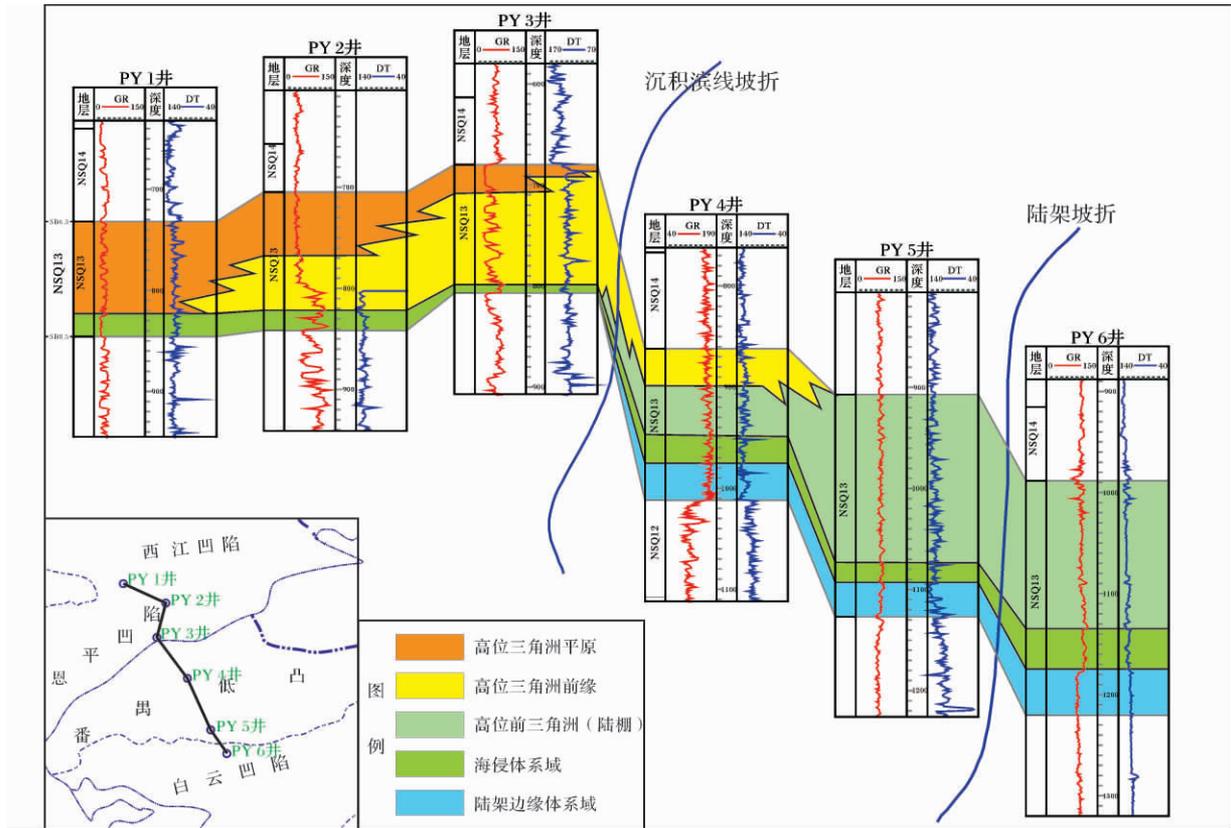


图 10 NSQ13(8.5 ~ 6.3 Ma) 层序连井剖面特征

Fig. 10 Multi-crosswell profile of sequence NSQ13(8.5 ~ 6.3 Ma)

震反射结构以加积为主。这种外陆棚上类似于席状铺盖的细粒沉积物到达白云北坡陆架坡折处,地形坡度发生变化,沉积可容纳空间迅速增大,形成第二个显著前积的区域,地震反射结构以“S”型前积为主,同时由于地形坡度变化造成的不稳定性,可能兼有东沙运动的影响,地层垮塌现象显著。该层序盆地扇和斜坡扇体并不发育,主要表现为地层滑塌在陆坡上的堆积,陆坡之外,进入深海相,以远洋沉积为主,地层厚度较薄。

2.4 物源供给体系的影响

沉积物供应量决定了层序的发育规模以及层序的构成样式,沉积物供给量丰富,则地层厚度大,延伸远,层序内部体系域较易区分;沉积物供应不足的地区,地层厚度则相对较薄,沉积物粒度较细。不同的物源供给体系也会影响层序的构成样式,在海相地层沉积早期,珠江口盆地不仅有来自古珠江三角洲的物源,在陆丰地区还有韩江三角洲的物源,而在东沙隆起等隆起区则广泛发育碳酸盐岩,这三者分布盆地的不同区域并相互具有一定的影响,在不同物源交汇的地区形成珠江三角洲和韩江三角洲指状交错的特征

以及三角洲浊水沉积和碳酸盐岩清水沉积混积的特征,使珠海组和珠江组早期层序特征呈现出复杂性和多样性。从珠江组晚期开始,珠江三角洲物源成为主体,古珠江三角洲体系覆盖宽缓的大陆架,在主物源区,沉积物供应充足,沿向海的方向地层以加积逐渐向前积过渡,形成以三角洲沉积为主体的富砂浅海陆架沉积;三角洲外侧向海方向则形成富泥背景的沉积;古珠江三角洲的周边地区,因三角洲的影响减弱,其它水动力条件相对增强,表现出受多种水动力条件的共同影响,比如波浪、潮汐的影响变得明显。

2.5 多种因素的综合分析

层序形成的控制因素往往不是孤立存在的,而是受几种因素共同作用。构造沉降、继承性古地理格局、海平面变化、沉积物供给等因素在具体地质背景中的影响是不同的,即便在同一地区,盆地发展的不同阶段每个因素的主导作用也是不一样的。珠江口盆地海相地层早期受到继承性古地理、构造运动和沉积物供应的共同影响,而在构造运动相对平静的时期,海平面变化和沉积物供应共同起决定作用。因此,我们在对珠江口盆地进行层序地层学分析时,应

充分考虑盆地的构造演化、海平面升降变化以及沉积物供应等多重因素及它们的耦合关系,才能更充分的认识珠江口盆地层序特征的复杂性。

3 结论

通过对层序地层的综合研究,认为:珠江口盆地海相地层主要受构造运动、继承性古地理格局、海平面升降和沉积物源供应等方面因素的影响,但在不同时期主控因素不一样。晚渐新世到早中新世是盆地结构调整的重要时期,层序地层不仅受到南海运动和白云运动的重要影响,更有继承性古地理格局的影响,在构造运动相对平静时期,层序结构主要受相对海平面变化和沉积物供应的影响;而古珠江三角洲体系平面上的影响范围以及周边地区其它物源的加入都会对盆地不同位置层序结构产生重要的影响,使层序类型变得复杂多样。因此在进行层序地层学分析时,应针对不同时期和盆地的不同位置综合考虑各种影响因素,从而得出对层序的合理划分和解释。

参考文献 (References)

- 许仕策,杨少坤,黄丽芬. 层序地层学在地层对比中的应用[J]. 地学前缘, 1995, 2(3/4): 115-123 [Xu Shice, Yang Shaokun, Huang Lifen. The application of sequence stratigraphy to stratigraphic correlation[J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(3/4): 115-123]
- 秦国权. 珠江口盆地新生代晚期层序地层划分和海平面变化[J]. 中国海上油气: 地质, 2002, 16(1): 1-18 [Qin Guoquan. Late Cenozoic sequence stratigraphy and sea-level changes in Pearl River Mouth Basin, South China Sea[J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2002, 16(1): 1-18]
- 王春修. 珠江口盆地海相中新统层序地层分析及其意义[J]. 中国海上油气: 地质, 1996, 10(5): 279-288 [Wang Chunxiu. Sequence stratigraphic analysis of marine Miocene Formations in the Pearl River Mouth Basin and its significance[J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 1996, 10(5): 279-288]
- 董伟,林畅松,秦成岗,等. 珠江口盆地番禺低隆起韩江组高精度层序格架和沉积样式与岩性地层圈闭的发育分布[J]. 现代地质, 2008, 22(5): 794-802 [Dong Wei, Lin Changsong, Qin Chenggang, et al. High resolution sequence framework, depositional pattern and litho-stratigraphic traps of Hanjiang Formation in Panyu Uplift, Pearl River Mouth Basin[J]. Geoscience, 2008, 22(5): 794-802]
- 刘曾勤,王英民,施和生,等. 惠州地区珠江组下部层序划分及沉积相展布特征[J]. 海洋地质动态, 2010, 26(5): 8-14 [Liu Zengqin, Wang Yingmin, Shi Hesheng, et al. Sequence stratigraphy division and sedimentary facies distribution of Lower Zhujiang Formation in Huizhou Area[J]. Marine Geology Letters, 2010, 26(5): 8-14]
- 陈长民,施和生,许仕策,等. 珠江口盆地(东部)第三系油气藏形成条件[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 1-30, 196-208 [Chen Changmin, Shi Hesheng, Xu Shice, et al. Hydrocarbon Reservoir Forming Conditions of Tertiary in Pearl River Mouth Basin (Eastern) [M]. Beijing: Science Press, 2003: 1-30, 196-208]
- 钟建强. 珠江口盆地的构造特征与盆地演化[J]. 海洋湖沼通报, 1994, 1: 1-8 [Zhong Jianqing. Characteristics of geologic structure and basin evolution in Pearl River Mouth Basin[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1994, 1: 1-8]
- 庞雄,陈长民,彭大钧,等. 南海珠江深水扇系统及油气[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 23-64, 142-192 [Pang Xiong, Chen Changmin, Peng Dajun, et al. The Pearl River Deep Water Fan System & Petroleum in South China Sea[M]. Beijing: Science Press, 2007: 23-64, 142-192]
- 王福国,梅廉夫,施和生,等. 珠江口盆地珠一坳陷古近系构造样式分析[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(4): 448-454 [Wang Fuguo, Mei Lianfu, Shi Hesheng, et al. Structural styles of paleogene in Zhu 1 Depression of Pearl River Mouth Basin[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2008, 32(4): 448-454]
- 王华. 层序地层学基本原理、方法与应用[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2008: 54-81 [Wang Hua. The Basic Theory, Method and Application of Sequence Stratigraphy [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2008: 54-81]
- Vail P R, Audemard F, Bowman S A, et al. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology: an overview [C]// Einsele G, Ricken W, Seilacher A, eds. Cycles and Events in Stratigraphy. Springer-Verlag, Berlin, 1991: 617-659
- 李平鲁. 珠江口盆地新生代的构造运动[J]. 中国海上油气: 地质, 1993, 7(6): 11-17 [Li Pinglu. Cenozoic movements of the Pearl River Mouth Basin[J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 1993, 7(6): 11-17]
- 庞雄,陈长民,彭大钧. 南海珠江深水扇系统的层序地层学研究[J]. 地学前缘, 2007, 14(1): 220-229 [Pang Xiong, Chen Changmin, Peng Dajun. Sequence stratigraphy of Pearl River Deep-water Fan System in the South China Sea[J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(1): 220-229]
- 庞雄,彭大钧,陈长民. 三级“源—渠—汇”耦合研究珠江深水扇系统[J]. 地质学报, 2007, 81(6): 855-864 [Pang Xiong, Peng Dajun, Chen Changmin. Three hierarchies “Source-Conduit-Sink” coupling analysis of the Pearl River Deep-water fan system[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(6): 855-864]
- 赵泉鸿,剪知湓,王吉良,等. 南海北部晚新生代氧同位素地层学[J]. 中国科学: D 辑, 2001, 31(10): 800-807 [Zhao Quanhong, Jian Zhimin, Wang Jiliang, et al. Neogene oxygen isotopic stratigraphy, ODP Site 1148, Northern South China Sea[J]. Science in China: Series D, 2001, 31(10): 800-807]
- 剪知湓,成鑫荣,赵泉鸿,等. 南海北部近6Ma 以来的氧同位素地层与事件[J]. 中国科学: D 辑, 2001, 31(10): 816-822 [Jian Zhimin, Cheng Xinrong, Zhao Quanhong, et al. Oxygen isotopic stratigraphy and events during the last 6 million years Northern South China Sea[J]. Science in China: Series D, 2001, 31(10): 816-822]
- Vail P R, Mitchum Jr R M, Thompson III S. Seismic stratigraphy and

- global changes of sea level , Part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap // [C] Payton C E , ed. Seismic Stratigraphy—Applications to Hydrocarbon Exploration. AAPG Memoir , 1977 , 26: 63-81
- 18 Haq B U , Hardenbol J , Vail P R. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic (250 million years ago to present) [J]. Science , 1987 , 235: 1156-1166
- 19 纪友亮, 杜金虎, 赵贤正, 等. 饶阳凹陷古近系层序发育的控制因素分析[J]. 沉积学报, 2007, 25(2): 161-168 [Ji Youliang, Du Jinhu, Zhao Xianzheng, et al. Sequence stratigraphy models and controlling factors of Eocene in Raoyang Depression [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(2): 161-168]

Analysis on Controlling Factors of Marine Sequence Stratigraphy Evolution in Pearl River Mouth Basin

CHEN Wei-tao¹ DU Jia-yuan¹ LONG Geng-sheng¹
ZHANG Shang-feng² LI Xiang-yang²

(1. Shenzhen Branch of CNOOC Ltd. , Guangzhou 510240; 2. College of Geosciences , Yangtze University , Jingzhou , Hubei 434023)

Abstract: The Pearl River Mouth basin transformed to a kind of quasi-passive continental margin basin from a continental rifted lake basin after Nanhai movement , and then a set of continental-oceanic transitional facies formations and marine formations which are now the main oil-production formation formed in Pearl River Mouth basin. The analysis on controlling factors of these sets of formations is useful to the third-order sequence stratigraphy division and correlation , and helpful to understand the type and structure of each sequence. Based on the analysis of marine sequence type and developing models of Zhuhai Formation to Yuehai Formation , the controlling factors of marine sequence stratigraphy evolution in Pearl River Mouth Basin are analyzed according to its configuration. It is considered that the tectonic movement , paleogeographic framework , relative sea-level change and sediment supply are the main controlling factors of marine sequence stratigraphy evolution. But these four factors have different effects at different times. The tectonic movement and paleogeographic framework play an important role to the development of sequence stratigraphy from late Oligocene to early Miocene when the basin framework made a great adjustment. Three important movements happened during the period of marine formation forming: the Nanhai movement and the Baiyun movement made the basin framework changed , and controlled the early depositional filling in the basin; The Dongsha movement made parts of basin serious uplift and denudation. These three movements all formed regional unconformities which make up of the second-order sequence boundaries. The influence of paleogeographic framework on the sequence stratigraphy happened in the early period of marine sequence forming , which include the influence of palaeouplift topography , depression topography during the fault-depression stage and shelf breaks. During the peaceful period without tectonic movement , relative sea-level change and sediment supply become the main controlling factors. There is relative wide and smooth continental shelf in Pearl River Mouth Basin , and different types of sequence formed due to the degree of relative sea level fall. When there is a significantly large fall in sea level , reaching to shelf break , a type 1 unconformity develops , such as sequence boundary SB21、SB13.8 and SB10.5 in Pearl River Mouth Basin. When the sea level falling is of lesser magnitude ,not reaching to shelf break , a type 2 unconformity develops , such as sequence boundary SB11.7 , SB8.5 and SB6.3. In the early period of marine sequence forming , there are three kinds of sediment supply which are Paleo-Pearl River delta , Hanjiang delta and Dongsha uplift; but from late stage of Zhujiang Formation , the sediment supply of Paleo-pearl River delta become the main resources. Whereas the influence area of Paleo-Pearl River delta and other sediment supplies made the same sequence present different characters at different places.

Key words: sequence stratigraphy; Pearl River Mouth Basin; marine; controlling factors