

琼东南盆地高精度层序地层学研究

魏魁生¹ 崔旱云² 叶淑芬¹ 厉大亮¹ 刘铁树²
梁建设² 杨国忠² 武 丽¹ 周小鹰¹ 郝运轻¹

(1. 中国地质大学能源系, 北京 100083; 2. 中国海洋石油勘探开发研究中心, 高碑店 074010)

摘要: 运用当代层序地层学的原理和方法, 综合分析了地震、测井、岩心等资料, 发现琼东南盆地经历了早期裂陷和晚期拗陷两大发育历程, 相应划分出 Tejas A 和 Tejas B 两个超层序组; 与盆地非海相、海相过渡相、生长断层、缓坡和被动大陆边缘背景演化阶段相匹配, 形成了 5 个超层序, 以不整合及其与之可以对比的整合为三级层序边界, 识别出 19 个层序, 含 57 个体系域, 54 个以上准层序组、196 个以上准层序。在盆地的不同演化阶段, 沉积层序的不同点主要在于低水位体系域包含的沉积体系不同。在恢复古地理环境的基础上, 提炼出有关沉积层序模式。根据可容纳空间分析, 编制了本区海平面升降曲线, 发现陵水中期、梅山早期和莺歌海早期三次大的海泛与全球变化完全合拍。在纵向上, 海进体系域至密集段生烃潜力最强, 空间上以外陆架一大陆坡最好, 其次为滨沼或海陆过渡相。指出了陆架坡折附近的低水位楔和斜坡扇是值得注意的隐蔽圈闭勘探目标。

关键词: 高精度层序地层; 盆地演化; 沉积模式; 密集段; 低水位楔; 斜坡扇。

中图分类号: P539.2; P618.130.2⁺7

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2001)01-0059-08

作者简介: 魏魁生, 男, 教授, 1955 年生, 1991 年毕业于中国地质大学(北京), 获博士学位, 现主要从事层序地层、地震地层和沉积学方向的研究。

1 区域地质概况

琼东南盆地位于海南岛以南、西沙群岛以北的海域中, 地处东经 108°~112°、北纬 16°5′~19°之间, 以 1 号断层与莺歌海盆地分界, 面积达 3 400 km²。盆地的基底主要为华南加里东褶皱带向海上的延伸部分, 陆架厚度较薄, 介于 30~20 km 之间。南海北部大陆架共有 3 期裂幕, 分别发生于早白垩世、始新世和始新世末至渐新世初, 构造线方向相应为 NNE—NE, NE—NEE, 近 EW 向。发生于琼东南盆地的张裂幕可能主要与第二、三期有关。盆地边缘大断裂控制了盆内隆凹相间的构造格局。早期裂陷作用阶段活动强烈, 呈 NE, NEE 和 NW 向展布, 晚期阶段断裂作用逐渐消失, 地形向南倾斜, 并统一于整个南海盆地。盆地可以进一步分为 5 个一级构造单元和 20 多个二级构造单元。本次研究的主要对象是中央凹陷带和南部隆起带, 面积为 25 000 km²。

琼东南盆地的基底为前第三系的火成岩、变质

岩及沉积岩, 包括花岗岩、混合岩、角岩、凝灰岩、集块岩、安山玢岩、英安流纹岩、白云岩等。盆内主要由第三系组成, 少见第四系。第三系含始新统, 渐新世的崖城组和陵水组二、三中段, 中新世的陵水组一段、三亚组、梅山组和黄流组, 以及上新世的莺歌海组^[1]。

2 琼东南盆地地层层序基本特征

(1) 琼东南盆地经历了早期裂陷和晚期拗陷两大发育阶段, 呈现拉张性盆地的双层结构形态。整个盆地充填物(第三系为主)为一个巨层序, 以 T₆₀ 所代表的巨大不整合为界可以划分出两个超层序组, 相当于国际上的 Tejas A 和 Tejas B(图 1, 2, 3, 4)。

(2) 在地质历史中, “陆架坡折”是变化的。在盆地早期裂陷作用期边界大断裂作为“陆架坡折”; 在晚期拗陷作用期缓坡背景中“陆架坡折”后撤, 在被动大陆边缘背景中“陆架坡折”向海渐次迁移。(3) 盆地经历了非海相、海陆过渡相、生长断层、缓坡与末端陡倾的缓坡和被动大陆边缘背景等 5 个演化阶段, 相

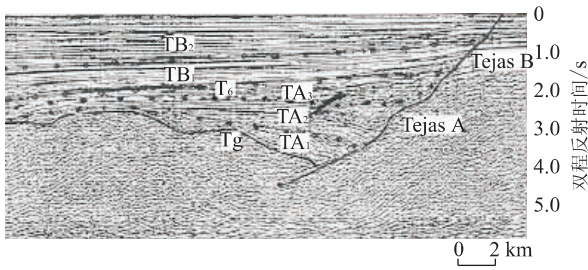


图 1 松涛半地堑式凹陷中部超层序分析

Fig. 1 Analysis on supersequences in the middle Songtao depression with half-graben texture

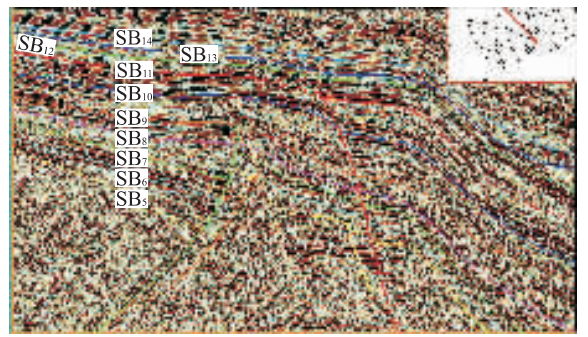


图 3 宝岛凹陷中部三级层序地层分析

Fig. 3 Analysis of third-order sequences in the middle Baodao depression

应形成了 5 个超层序,它们分别以盆地基底、始新统顶、崖城组顶、陵水组顶、梅山组顶与莺歌海组顶界的 6 个区域不整合及其与之可以对比的整合为界(图 1)。(4)除上述不整合外,依据一系列次级不整合及其与之可以对比的整合为三级层序边界^[2],识别出了 19 个层序(图 2,3),含 57 个体系域、54 个以上准层序组、196 个以上准层序。(5)在被动大陆边缘背景中构造运动薄弱、沉积物供应速度快,故高频层序发育。(6)在任何一种沉积背景中,沉积层序发育的共同特点是,沉积基准面从下降—上升—再下降的变化周期中,相应形成的完整层序均由低水位

(或陆架边缘)、海进(水进)和高水位体系域组成,其内部地层在空间上有规律地分布。(7)在盆地的不同演化阶段,沉积层序的差异在于低水位体系域包含的沉积体系不同。在非海相和海陆过渡相沉积背景中低水位体系域由冲积扇、扇三角洲、三角洲、宽阔的水道、滨面砂岩、复合扇等组成。在生长断层沉积背景中砂体和地层明显受生长断层的控制,特殊的悬挂式低水位楔发育,也见盆底扇。在缓坡及生长断层背景中,还见中等水位体系域或迫降式海退体系

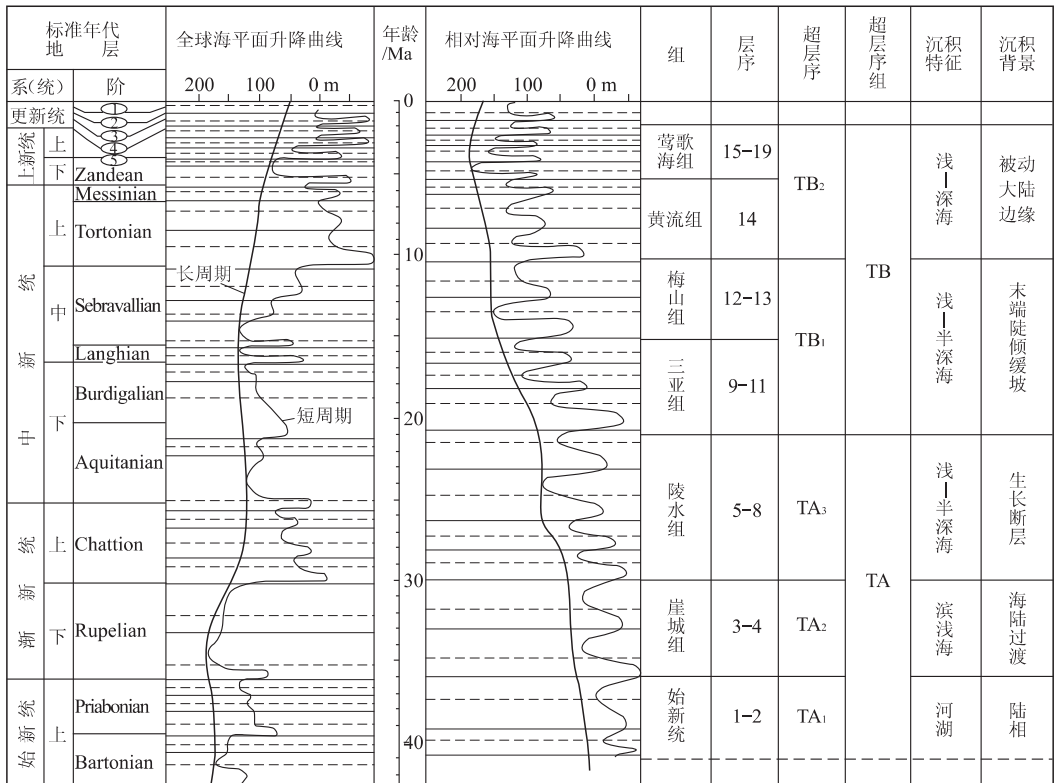


图 2 琼东南盆地第三纪相对海平面变化曲线及其与层序的对比

Fig. 2 Relative sea-level change curves and correlation with sequences of Tertiary in Qiongdongnan basin

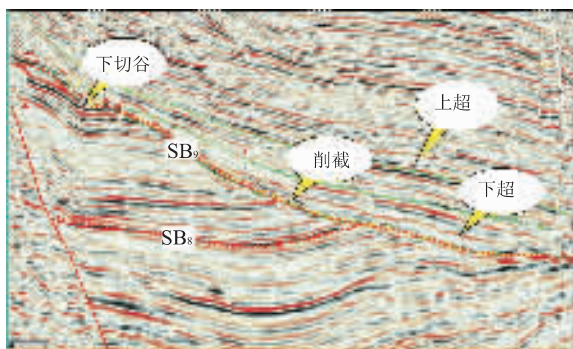


图4 松涛凹陷西部层序9下部边界处的下切谷和削截反射结构

Fig. 4 Incised valley and truncation on the sequence boundary 9 in the western Songtao depression

域^[3]. 在被动大陆边缘背景中的低水位体系域特征与 Exxon 公司的模式相似^[4]. (8) 微体和超微化石在超层序 TA₂ 中的过渡相背景中, 沟鞭藻在两个最大洪泛面处丰度最高. 在生长断层背景下, 钙质超微化石丰度总体上升, 显示了第一次大的海泛特征. 在末端陡倾的缓坡背景中, 有孔虫明显增强, 反映了具有更大的一次海泛. 在被动大陆边缘背景中, 最大洪泛面位于沟鞭藻、超微及浮游有孔虫的峰值、砂质胶结壳低谷处. 在水温方面, 层序 13—15 为冷暖水交互期, 层序 15—18 为暖水期. 在稳定同位素分析方面, 认为在上构造层有关层序中, 总体上在层序边界处 $\omega(^{18}\text{O})/\omega(^{16}\text{O})$ 出现正峰值, 而在最大洪泛面处 $\omega(^{18}\text{O})/\omega(^{16}\text{O})$ 出现负峰值. (9) 根据可容纳空间^[5]分析, 结合地震剖面上超点的转移分析, 发现本区与全球海平面升降频率及变化趋势非常相似, 特别是陵水中期、梅山早期和莺歌海早期三次大的海泛与全球变化完全合拍. (10) 在生烃潜力上, 纵向上海进体系域至密集段生烃潜力最强, 空间上密集段的生烃潜力外浅海—半深海最好, 其次为滨沼或海陆过渡相, 三角洲底积层可变, 深海区最差.

3 层序地层综合分析

层序地层学方法对于预测源岩的分布、追踪有利砂体、寻找有效圈闭乃至油气勘探有指导意义. 其关键在于合理建立层序地层格架. 在层序地层分析中, 三级层序是最基本的分层单位, 通常称为层序^[5]. 层序由三个体系域组成, 体系域含一个以上准层序组, 准层序组又由若干准层序组成. 几个三级层

序便构成了一个二级层序, 亦即超层序. 本文采用了层序级次与基准面变化周期相结合的分析方法.

3.1 周期层序分析

中长基准面变化周期相应形成了一级或二级层序. 根据地震、测井和岩心资料等综合分析, 在陵水组顶(2 Ma 处)发现一个巨大的破裂不整合面, 将盆地内的沉积地层(第三纪以来)分为两个一级层序或超层序组(相当于国际上的超层序组 Tejas A 和 Tejas B^[5]), 该界线比国际上的分界(30 Ma)上提了约 10 Ma(图 1, 2). 在区域上, 地层内部还可以识别出 4 个二级层序边界的侵蚀不整合面, 它们分别是始新统顶、崖城组顶、陵水组顶(与一级层序边界重合)、梅山组顶. 它们与始新统底及莺歌海组顶的层序边界将区内第三纪以来发育的沉积地层分隔成 5 个二级层序(图 2). 此外, 层序边界 7、层序边界 8、层序边界 12 为局部侵蚀不整合或超覆不整合(图 3), 从区域分布和盆地成因演化来看, 它们比上述不整合的规模要小, 是层序组的边界.

琼东南盆地充填的地层主要是第三系, 盆底基底无疑是一个巨大的不整合, 在第三系中间还存在一个巨大的不整合, 即 T₆₀, 它们都具有明显的削截和上超结构. 以 T₆₀ 为界将第三系分为两个超层序组, 借鉴国际上的命名惯例, 分别相当于 Tejas A 超层序组和 Tejas B 超层序组. 中长周期层序的发育, 一般和构造运动或盆地演化期(阶段)相联系, 在琼东南盆地中, Tejas A 超层序组相对应于裂陷演化期, Tejas B 超层序组对应于坳陷演化期. 在盆地裂陷演化期具有 3 个演化阶段, 分别形成了 TA₁, TA₂ 和 TA₃ 3 个超层序; 在盆地坳陷期具有 2 个演化阶段, 分别形成了 TB₁ 和 TB₂ 2 个超层序.

(1) TA₁ 超周期——裂陷初期: 发育于始新世, 裂陷作用明显, 盆地分隔性强, 特别是 LS21—1—1 井至 Y9 井一带东西、南北向发育了一个巨大的隆起, 对东西、南北沉积环境起到了分隔作用, 其间尚分布多个小隆起, 故盆地的连通性差, 呈多隆多洼的格架. 沉积物以湖沼相为主, 多物源特征突出. 此时盆地内小的凹陷呈地堑或半地堑形态, 楔状充填结构.

(2) TA₂ 超周期——裂陷中期: 发育于渐新世早期, 差异构造沉降强烈, 沉积地层为崖城组. 该期盆地内仍有多个隆起, 但范围已缩小. 总体上还具有多水系、多隆、多凹的特点, 早期有非海相(含过渡相)的沉积, 晚期可能完全变为海相沉积. 本期盆地结构仍以箕状形态为主.

(3)TA₃ 超周期——裂陷晚期(裂陷高潮期至消亡期):发育于渐新世晚期至中新世早期(陵水期),此期以断陷作用为主,末期有拗陷作用特征;沉积环境完全变为海相,半地堑式凹陷在平面上扩展,沉积物明显向缓坡方向超覆并在末期可能充填满了半地堑。该期相当于生长断层背景,砂体受生长断层的控制,物源变为单向呈北或南向。末期类似于末端陡倾的缓坡背景。该期是形成储层的重要时期,特别是陵一段和陵三段沉积期。由已有钻井资料和地震反射波属性分析,预测储层以 2 号断裂南侧的低水位(部分高水位)期扇三角洲砂体为优,可构成地层一构造复合圈闭;而高水位期砂体可构成低幅度差异压实形成的背斜圈闭、半背斜圈闭和披覆圈闭。

(4)TB₁ 超周期——裂后拗陷早期(缓坡背景):盆地经历了大规模的抬升之后,发生了(三亚早期)整体下沉,盆地性质与前期大相径庭,生长断层活动趋于结束,物源已明显变为单向,盆地结构变为拗陷作用为主的缓坡或末端陡倾的缓坡形态。其中低水位体系域在三亚组以前积楔为特征,而在梅山组出现了斜坡扇。

(5)TB₂ 超周期——裂后拗陷作用晚期:以拗陷作用为主,盆地已变为似被动大陆边缘型,出现了明显的陆架坡折—陆坡—盆地结构,构造活动极弱,沉积物供应速率高,故高频层序发育。

上述每一个演化期对应于一个超层序,其中在陵水、梅山及莺歌海期发生了 3 次大的海侵,成为本期良好的盖层(图 2,3,4)。

3.2 短周期层序分析

本文将短周期形成的层序与三级周期对应,将高频周期与高频层序对应。本次层序分析的基本思路是,首先确定出坡折带并追踪海湾线(或滨线),在低水位早期海湾线位于陆架坡折附近并与平衡点重合。接着在坡折以上依据“下切谷”、削截、滨岸上超等标志,在坡折以下依据海底侵蚀、下超、陆坡上超等标志识别层序边界。同时根据层序内部体系域的构成和可容纳空间变化规律进行标定,并依据井一震对比和 VSP 的桥梁作用提高分析结果的准确性和空间对比的合理性。除上述大型或较大型不整合外,依据以上标准识别出一系列次级不整合,及其与之可以对比的整合为层序边界,共划分出 19 个三级层序(图 3,表 1)。值得一提的是借鉴合成记录的桥梁作用综合分析,使这些层序具有较为可靠的区域可对比性。

表 1 琼东南盆地层序地层系统

Table 1 Sequence stratigraphic systems of Qiongdongnan basin

系	统	组	段	参照反射层	三级层序	对应层序	超层序	超层序组				
第四系	上新统	更新统	一	T ₇	Sq ₂₀	TB _{2.8}	TB ₃	TB				
				二	T ₇	Sq ₁₉	TB _{2.7}		TB ₂			
					T ₈	Sq ₁₈	TB _{2.6}					
					T ₉	Sq ₁₇	TB _{2.5}					
					T ₁₀	Sq ₁₆	TB _{2.4}					
				三	T ₁₁	Sq ₁₅	TB _{2.3}					
					T ₁₂	Sq ₁₄	TB _{2.2}					
				中部	上部	一	T ₁₃		Sq ₁₃	TB _{2.1}	TB ₁	
							T ₁₄		Sq ₁₂	TB _{1.4}		
					二	T ₁₅	Sq ₁₁		TB _{1.3}			
						T ₁₆	Sq ₁₀		TB _{1.2}			
					下部	一	T ₁₇		Sq ₉	TB _{1.1}		
							T ₁₈		Sq ₈	TA _{3.4}		
				下部	渐新统	上部	一		T ₁₉	Sq ₇	TA _{3.3}	TA ₃
									T ₂₀	Sq ₆	TA _{3.2}	
									T ₂₁	Sq ₅	TA _{3.1}	
					下部	崖城组	一		T ₂₂	Sq ₄	TA _{2.2}	TA ₂
									T ₂₃	Sq ₃	TA _{2.1}	
									T ₂₄	Sq ₂	TA _{1.2}	
始新统					T ₂₅	Sq ₁	TA _{1.1}	TA ₁				

主要层序边界的性质及主要反射层的标志特征为:SB₅(T₇)为侵蚀不整合,其上有上超结构;SB₇(T₈)为超覆不整合,其上具有上超结构;SB₈(T₆)为侵蚀不整合,其下具有削截结构;SB₉(T₆)为巨大的破裂不整合(图 4),以下切谷—海底峡谷强烈侵蚀下伏地层为标志,地震剖面上有显著的不协调现象;SB₁₀以陆架坡折部位其上出现前积楔为标志;SB₁₂(T₉)海底侵蚀作用明显,其上在陆架坡折之下常见斜坡扇;SB₁₄(T₄)以海底峡谷及下切谷发育为特征(表 2)。值得一提的是,层序分层、地震分层和传统地层分层之间有很大差异,为了便于交流和与勘探地层对接,作者将各种分层统一于层序分层,故表 2 中除上述具有不整合的地震反射层外,其余只作为参考。

根据地震反射终止上超点法及 6 口井详细的可容纳空间(古水深加上沉积物厚度)分析,编制了琼东南第三系相对海平面变化曲线(图 2)。在地震地

表 2 琼东南盆地地震层序界面识别标志

Table 2 Identifying characteristics of seismic sequence boundaries in Qiongdongnan basin

参照反射层	层序界面	界面上特征	界面下特征
T ₂₀	SB ₂₀	上超	
T ₂₇	SB ₁₉	上超	顶超
T ₃₀	SB ₁₈	下切谷充填	削截
	SB ₁₇	下切谷充填	
T ₃₁	SB ₁₆	下切谷充填	
T ₄₀	SB ₁₅	下切谷充填	
	SB ₁₄	上超	
T ₄₁	SB ₁₃	上超	削截
T ₅₀	SB ₁₂	上超	削截
T ₅₁	SB ₁₁	上超	
T ₆₀	SB ₁₀	上超(局部)	
T ₆₁	SB ₉	上超、下切谷充填	削截
T ₆₂	SB ₈	上超	削截
T ₆₃	SB ₇	上超	
T ₇₀	SB ₆	上超	削截
	SB ₅	上超	
T ₇₁	SB ₄	上超	
T ₇₂			
T ₈	SB ₃	上超	削截
T _g	SB ₂	上超	削截
	SB ₁	上超、下切谷充填	

层学阶段全球海平面升降曲线或滨岸上超曲线应用非常广泛,后来出现了分歧^[5],主要争议在于:(1)测年与周期问题;(2)盆地间对比的可靠性。作者认为,在一个盆地中编制海平面升降曲线是有必要的,因为这种曲线既可以反映盆地的基准面变化规律,又对生、储、盖、圈闭类型的预测提供了信息。不同盆地间基准面升降曲线对比,在于提高分析的可靠性及区分某种差异性。将本区的相对海平面变化曲线与全球海平面升降曲线对比,发现两者变化的趋势及频率非常相似,但始新统地层限于分辨率及地层不全而层序个数偏少。由于绝对海平面与相对海平面所选的参照位置不同,因而两者的长周期变化趋势尽管相似但包络形态不尽相同。

4 盆地发育、层序地层模式及成藏预测

琼东南盆地经历了 5 个演化阶段,由老到新依次为陆相—海陆过渡相—生长断层背景—缓坡及末端陡倾背景—似被动大陆边缘背景,各沉积背景中形成的沉积层序其特征各异。根据层序地层序列与沉积系列综合分析,总结出有关层序与沉积体系模式。

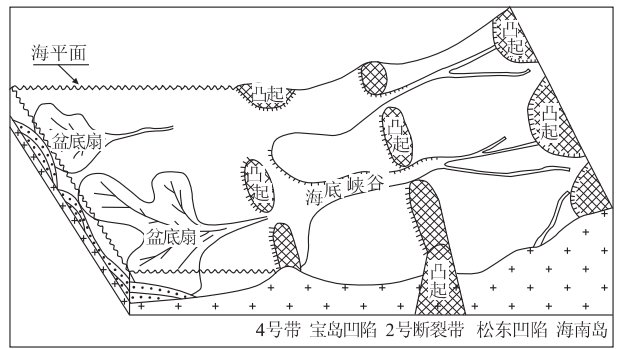


图 5 琼东南盆地裂陷作用阶段低水位盆底扇沉积模式

Fig. 5 Depositional model of lowstand basin-floor fan during rift-stage in Qiongdongnan basin

4.1 陵水期生长断层背景沉积模式

以陵水组沉积为代表。这种沉积背景有两大特点:第一,生长断层下盘可能截留了由下切谷搬运的外源物质,故沉积物及砂层在下降盘加厚;第二,低水位体系域也见盆底扇、斜坡扇和前积楔,但深水性质不如陆架—陆坡背景典型。在琼东南盆地这种背景最典型的沉积体系是前积楔,它的主体由特殊的扇三角洲(陡坡)或三角洲体系(缓坡)组成,在其趾端有滑塌型浊积岩。

(1)低水位期盆底扇(图 5):形成于海平面快速下降期,其中海南岛为固定枢纽带,2 号断裂带为调节枢纽带,2—1 号带大致相当于平衡点和海湾线共同赋存的部位或者相当于水下隆起。沉积体系以盆底扇为主,发育于 2—1 号带向盆地部位。2 号断裂带相当于调节枢纽带,故其附近的地层中发现盆底扇的几率不大,已发现的盆底扇特征也不够典型。此期海南岛枢纽点及 2 号带调节枢纽点均起物源供给作用。

(2)低水位期斜坡扇(图 6):斜坡扇由有堤水道及堤岸沉积组成,形成于海平面缓慢下降、静滞不动和缓慢上升阶段,此期平衡点和海湾线彼此分开并以不同的速度向陆迁移,在地貌上起主要作用的是固定枢纽点——海南岛隆起,但调节枢纽点也起一定的作用。

(3)低水位期楔状复合体(图 7):该沉积体形成时,海平面静滞不动、缓慢上升,调节枢纽带在沉积上起到了极大的控制作用。第一,截留了由海南岛隆起输送的沉积物——形成了低水位楔;第二,自身提供的物源或者由海南岛长途输送的沉积物在 2 号带下降盘富集;第三,2—1 号带的水下隆起可能遭受到波浪作用的簸选,使下伏沉积物物性受到改良。

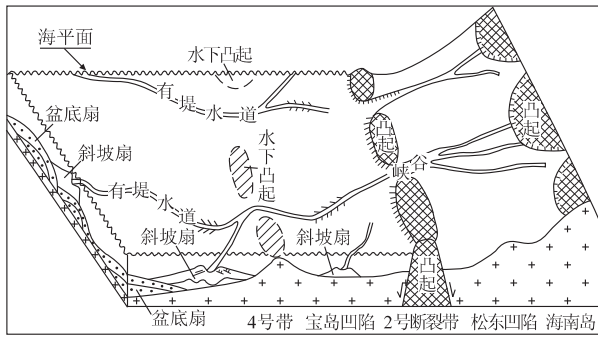


图 6 琼东南盆地裂陷作用阶段低水位斜坡扇沉积模式
Fig. 6 Depositional model of lowstand slope fan during rift-stage in Qiongdongnan basin

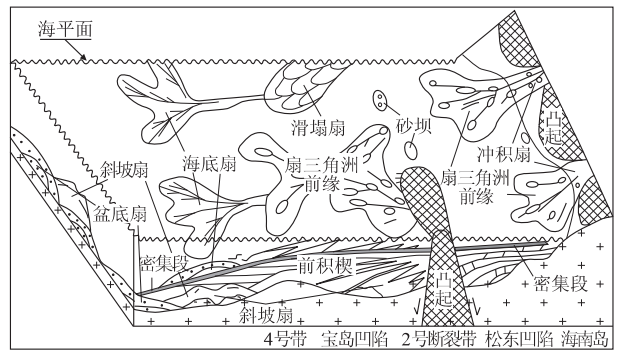


图 9 琼东南盆地裂陷作用阶段高水位体系域沉积模式
Fig. 9 Depositional model of highstand systems tract during rift-stage in Qiongdongnan basin

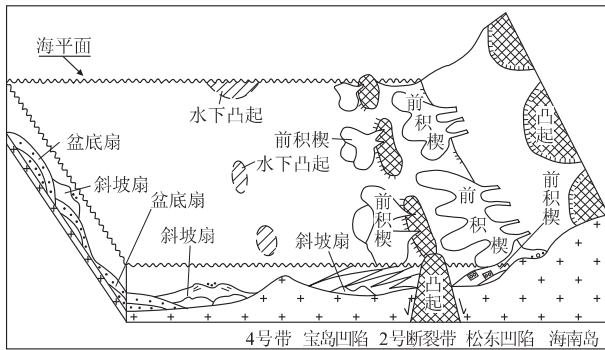


图 7 琼东南盆地裂陷作用阶段低水位前积楔沉积模式
Fig. 7 Depositional model of lowstand prograding wedge during rift-stage in Qiongdongnan basin

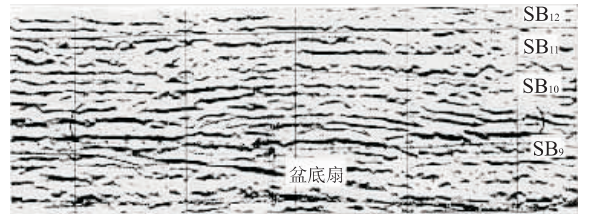


图 10 琼东南盆地裂陷作用阶段低水位盆底扇的地震反射特征
Fig. 10 Seismic reflectors of lowstand fan formed in post-rift stage in Qiongdongnan basin

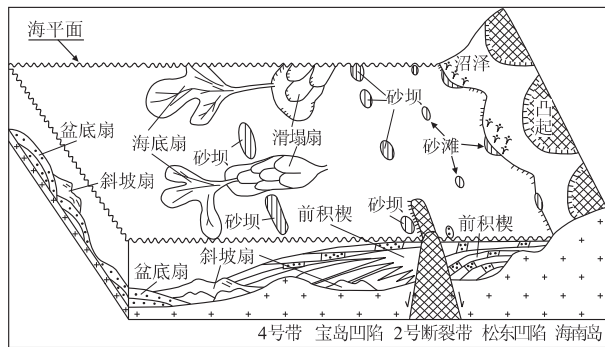


图 8 琼东南盆地裂陷作用阶段海进体系域沉积模式
Fig. 8 Depositional model of transgressive systems tract during rift-stage in Qiongdongnan basin

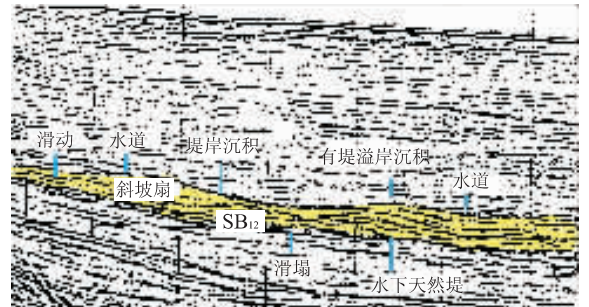


图 11 琼东南盆地裂陷作用阶段低水位斜坡扇的地震反射特征
Fig. 11 Seismic reflectors of lowstand slope fan formed in post-rift in Qiongdongnan basin

(4)海进和高水位体系域(图 8,9):所含沉积体系与被动大陆边缘背景相似,即海进体系域以沙滩、砂坝及沼泽类沉积为主;高水位体系域主要由三角洲、扇三角洲体系构成,在最大洪泛期稍后,有再搬运形成的海底扇沉积,它比低水位体系域的盆底扇反映的水体可能要深一些。

4.2 三亚—梅山期末端陡倾缓坡沉积模式

以梅山到三亚期沉积典型。在这种沉积背景中低水位体系域的斜坡扇和前积楔比较发育,也见盆底扇(图 10)沉积。斜坡扇(图 11)主要由水下渠道、有堤水道、天然堤、滑动、滑塌、碎屑等沉积组成,相当于 II 型浊积扇体。Galloway^[6]都曾描述过这种扇体,认为有堤水道有 5~15 km 宽,充填物有 250~400 m 厚。前积楔(图 12)特征比较典型,外陆架部分

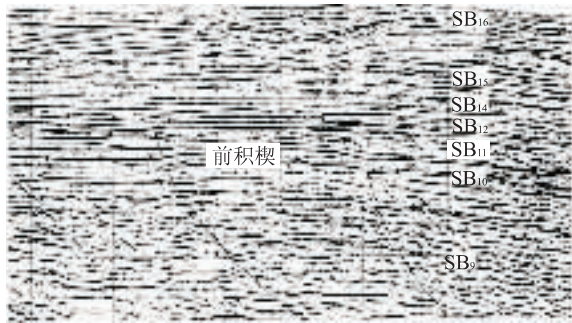


图12 琼东南盆地裂陷作用阶段低水位前积楔的地震反射特征

Fig. 12 Seismic reflectors of lowstand prograding wedge formed in post-rift in Qiongdongnan basin

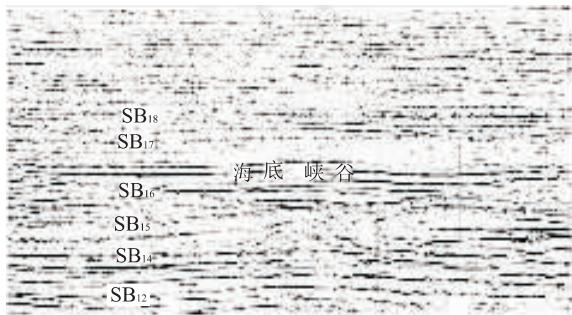


图13 琼东南盆地裂陷作用阶段低水位期海底峡谷的地震反射特征

Fig. 13 Seismic reflectors of lowstand submarine canyon formed in post-rift in Qiongdongnan basin

可能由三角洲类体系组成,但越过海底峡谷(图13),可能变成浊流沉积。海进体系域由砂坝、沙滩、生物礁等组成。高水位体系域由三角洲及滑塌引起的海底扇组成。

此外,作者还建立了陆相、海陆过渡相和被动大陆边缘背景的沉积模式,限于篇幅,不再赘述。

4.3 层序分布与成藏预测

建立层序地层模式,除可以在沉积上起到一个标准的作用、对比的作用、预测的作用外,对于预测油气成藏规律也有极大裨益。

根据层序地层分析并结合前人研究结果,上第三系烃源岩为梅山组、黄流组及莺歌海组的密集段或复合密集段,也有经断层运移的非海相油源;下第三系和三亚组的烃源岩为始新统和崖城组的湖相泥岩、沼泽相炭质泥岩等。根据砂体成因—空间展布特征,潜在的储集砂体低水位体系域分布于前积楔、斜坡扇、下切谷、峡谷水道等体系中;海进体系域主要有沙滩、砂坝、碳酸盐浅滩、风暴砂等;高水位体系域

有关砂体主要赋存于三角洲、扇三角洲、海底扇、河流体系等。上第三系主要储集砂体为浊积砂体和滨面砂体。根据层序地层学的观点对生储盖组合规律的分析,下第三系圈闭为披覆、断块、背斜等型式,上第三系圈闭型式为地层—构造复合型;松涛断裂带及其邻近区域深水区的斜坡扇与前积楔是值得注意的勘探方向。

5 结论与建议

(1)琼东南盆地经历了裂陷和裂后拗陷两大发育历程,相应地形成了 Tejas A 和 Tejas B 超层序组。盆地演化分 5 个阶段,形成了 TA_1 , TA_2 , TA_3 , TB_1 和 TB_2 5 个超层序。

(2)根据地震、钻井、古生物、同位素等资料综合分析,划分了 19 个三级层序、57 个体系域、54 个以上准层序组、196 个以上准层序。

(3)本区与全球海平面升降频率及变化趋势非常相似,特别是陵水中期、梅山早期和莺歌海早期三次大的海泛与全球变化完全合拍。

(4)根据本区的沉积层序特征,建立了生长断层背景、缓坡背景等层序地层模式。

(5)层序地层的研究有助于预测源岩的分布,密集段是良好的烃源岩,其生烃潜力以外浅海—半深海区最好,其次为滨沼或海陆过渡相。

(6)层序地层的研究对寻找有利砂体有指导意义。本区低水位体系域有利砂体分布于前积楔、斜坡扇等体系中;海进体系域砂体主要有沙滩、砂坝、碳酸盐浅滩砂等;高水位体系域有关砂体主要赋存于三角洲、扇三角洲、海底扇、河流等体系。

(7)在砂体预测基础上,描述了空间储层分布特征,上第三系储层主要为浊积砂体和滨面砂体;下第三系储层主要为三角洲、扇三角洲、前积楔、河流等体系的砂体。

(8)下第三系圈闭型式为披覆、断块、背斜等,上第三系圈闭型式为地层或地层—构造复合型;2 号断裂带及其邻近区域的前积楔和斜坡扇是今后重要的勘探目标。

本文在完成过程中,得到海洋石油勘探开发研究中心杨川恒、刘文波、张功成、王彦、张宽、钱光华、王国纯、陶维祥、宗国强、张振秋、刘学考等的支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

参考文献:

- [1] 龚再升. 中国近海大油气田[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 1~223.
- [2] 徐怀大,王世凤,陈开远. 地震地层学解释基础[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1990. 1~120.
- [3] Posamentier H W, Allen G P, James D P, et al. Forced regressions in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples, and exploration significance [J]. AAPG, 1992, 76(11): 1687~1709.
- [4] Dixon B T, Weimer P. Sequence stratigraphy and depositional history of the eastern Mississippi fan (Pleistocene), northeastern deep gulf of Mexico [J]. AAPG, 1998, 82(6): 1207~1232.
- [5] Wilgus C K, Posamentier H W, Hastings B S, et al. 层序地层学原理(海平面变化综合分析)[M]. 徐怀大,魏魁生,洪卫东,等译. 北京:石油工业出版社,1993. 1~515.
- [6] Galloway W E. Siliciclastic slope and base off-slope depositional system; component facies, stratigraphic architecture, and classification [J]. AAPG, 1998, 82(4): 569~595.

HIGH-PRECISION SEQUENCE STRATIGRAPHY IN QIONGDONGNAN BASIN

Wei Kuisheng¹ Cui Hanyun² Ye Shufen¹ Li Daliang¹ Liu Tieshu²
Liang Jianshe² Yang Guozhong² Wu Li¹ Zhou Xiaoying¹ Hao Yunqing¹

(1. *Department of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*; 2. *Exploration & Production Research Center, China Offshore Oil Corp., Gaobeidian 074010, China*)

Abstract: The principle of and method for the contemporary sequence stratigraphy are both employed to analyze comprehensively the references on seismology, logging, and cores. This comprehensive analysis shows that the Qiongdongnan basin may have experienced two major growth stages: the early rift stage and the late depression stage, corresponding to the two supersequence sets: Tejas A and Tejas B. In addition, five supersequences were formed that corresponded to the five evolutionary stages in the basin: nonmarine facies, marine transitional facies, growth fault, ramp, and passive continental setting. The unconformity and its counterpart, the conformity, both serving as the third-order sequence boundaries are employed to identify 19 sequences containing 57 systems tracts, over 54 parasequence sets and over 196 parasequences. The major differences between different evolutionary stages and between different sedimentary sequences in the basin are both attributed to the different sedimentary system contained in the lowstand systems tract. On the basis of the reconstruction of the paleo-environment settings, have been established the models of depositional sequences. The accommodation analysis is applied to the compilation of the sea-level change curve of the Qiongdongnan basin, resulting in the discovery of the perfect matching between the three major marine floods that occurred in the middle Lingshui, early Meishan and early Yinggehai stages, and the corresponding globe changes. The best potential hydrocarbon resources are located vertically in the section between the marine transgressive systems tract and the condensed section, but laterally between the outer-shelf to the continental slope. The next best potential hydrocarbon resources are located in the littoral-aquamarsh deposits or in the marine-continental transitional facies. This paper suggests that the lowstand wedge and the slope fan near the continental-shelf slope break should serve as the petroleum exploration target of the hidden traps worthy of attention.

Key words: high-precision sequence stratigraphy; basin evolution; depositional model; condensed section; lowstand wedge; slope fan.