

珠江口盆地(东部)新近系珠江组 碳酸盐岩沉积相及沉积模式

黄 诚¹, 傅 恒², 汪瑞良³

(1 中石化西北油田分公司, 乌鲁木齐 830011; 2 成都理工大学能源学院, 成都 610059;

3 中海油深圳分公司, 广州 510000)

摘 要:在 1987—1997 年前人对东沙碳酸盐岩台地的综合研究基础上,系统总结前人的研究成果,在取得新的钻井、薄片、地震等资料基础上,运用岩心/薄片鉴定、地震沉积解释等手段,展开沉积相及沉积模式的研究,并将研究成果与前人认识进行比较分析。在建立研究区沉积体系和沉积模式基础上,将笔者的认识与前人成果进行比较,取得如下认识:①碳酸盐岩的岩石学分类方案不同;②沉积相的划分类型和依据略异;③沉积相带发育受层序演化影响明显,不同体系域的沉积模式各不相同。

关键词:沉积相;沉积模式;碳酸盐岩;珠江组

中图分类号:P736.21

文献标识码:A

1 区域地质概况

东沙隆起位于南海北部大陆架南缘,构造位置为中央隆起带东段,呈北东向展布。西接番禺低隆起,北邻珠一坳陷,东南邻南部隆起带—潮汕坳陷,西南与珠二坳陷白云凹陷相连,是一个被南北坳陷夹持,由北东向南西倾没的大型鼻状隆起(图 1)。研究区位于东沙隆起中—西部地区,地理位置为 $20^{\circ}20'—21^{\circ}36'N$, $115^{\circ}13'—117^{\circ}E$ 。

晚渐新世时期,受南海运动影响,东沙隆起缓慢下沉,隆起带受海侵影响,沉积广布的珠海组滨岸砂岩;珠江组沉积时期,随着海侵加剧,隆起带开始广泛发育碳酸盐岩台地;其后进一步的海侵

致使东沙隆起转变为广海陆棚环境,并伴有海相三角洲体系发育^[1-6]。

2 沉积相研究

针对东沙碳酸盐台地沉积相研究前人已有认识,此次研究成果与前人相比主要存在两点不同:①碳酸盐岩的岩石学分类方案不同;②沉积相的划分类型和依据略异。笔者就以上两点进行简要比较,并在此基础上提出碳酸盐岩沉积相体系。

2.1 碳酸盐岩岩石学分类方案确定

岩石学方法是单井沉积相研究的主要研究手段,而岩石学分类方案的确定则是岩石学方法的理论基础。

前人采用邓哈姆(1962)的碳酸盐沉积结构分类方案^[7],笔者则综合了曾允孚等^[7]灰岩结构—成因分类方案和 A F Embry & J E Klován (1971)的分类方案(表 1)。针对原地固着生物灰岩的划分沿用 A F Embry 和 J E Klován (1971)的分类^[7],

收稿日期:2011-03-28

基金项目:国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”——“海洋深水油气勘探关键技术”的外协课题(2008ZX05025)

作者简介:黄 诚(1985—),男,硕士,主要从事层序地层学及地震地层学研究工作。E-mail:61783856@qq.com

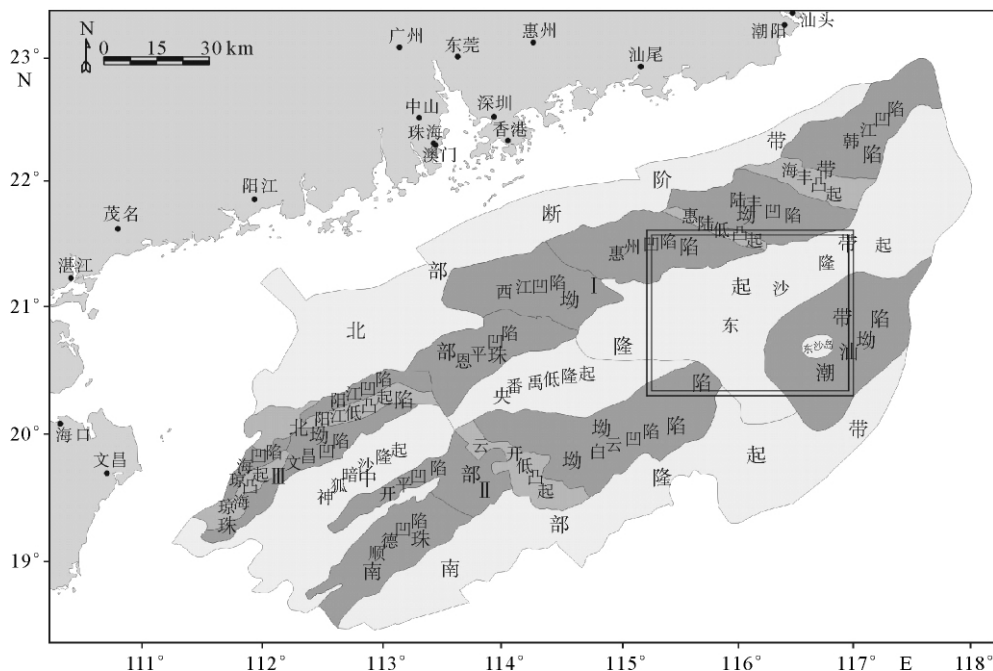


图 1 珠江口盆地地理位置及构造区划

Fig. 1 Geographic location and tectonic map of Pearl River Mouth Basin

表 1 珠江口盆地(东部)珠江组灰岩结构—成因分类方案

Table 1 Structure and genetic classification of limestone in Zhujiang Formation of Pearl River Mouth Basin (East)

颗粒 百分量/%	主要 填隙 物	颗粒石灰岩类						原地固着生物灰岩类		
		内碎屑	生物(屑)	鲕(豆)粒	团粒	团块	3 种以上 颗粒混合			
>50	亮晶	亮晶内碎屑灰岩	亮晶生物(屑)灰岩	亮晶鲕(豆)粒	亮晶团粒灰岩	亮晶团块灰岩	亮晶颗粒灰岩	生物黏结并起障积作用	生物黏结并包壳	生物黏结并建立坚固骨架
	灰泥	微晶内碎屑灰岩	微晶生物(屑)灰岩	微晶鲕(豆)粒	微晶团粒灰岩	微晶团块灰岩	微晶颗粒灰岩			
50~25	灰泥	内碎屑微晶灰岩	生物(屑)微晶灰岩	鲕(豆)粒微晶灰岩	团粒微晶灰岩	团块微晶灰岩	颗粒微晶灰岩			
25~10	灰泥	含内碎屑微晶灰岩	含生物(屑)微晶灰岩	含鲕(豆)粒微晶灰岩	含团粒微晶灰岩	含团块微晶灰岩	含颗粒微晶灰岩			
<10	灰泥	微晶或泥晶灰岩类						障积岩	黏结岩	骨架岩
重结晶灰岩类		具残余结构(各种颗粒、或生物礁)晶粒(粗晶、中晶、细晶)灰岩,如具残余结构的巨晶、中晶、细晶灰岩								

从成因上对生物礁类型加以区分。异地颗粒灰岩的划分则采用曾允孚等^[7]灰岩结构—成因分类方案,一是将反映环境的颗粒类型加以细化,起到细分岩石类型的作用;二是量化颗粒/灰泥和亮晶/灰泥的比值,凸显古沉积环境的水能条件。

2.2 沉积相的划分类型和依据

东沙碳酸盐岩台地沉积相带类型齐全,通过岩心、薄片观察揭示了各钻井的单井亚相及微相类型。前人在单井相划分成果的基础上,参考威尔逊《碳酸盐沉积相带分布》将东沙碳酸盐岩台地

划分为 3 个沉积相带、6 个亚相类型^[8]。笔者提出的沉积相划分方案在部分亚相的划分和相带归属上与前人存在一定差异(表 2),在与前人成果进行比较的基础上提出碳酸盐沉积相体系。

表 2 珠江口盆地(东部)珠江组沉积相对比划分方案

Table 2 Sedimentary facies division scheme in Zhujiang Formation of Pearl River Mouth Basin (East)

沉积体系	前人方案①		本项目方案		
	相带	亚相	相带	亚相	微相
碳酸盐岩沉积体系	开阔台地	补丁礁	开阔台地	台内礁	黏结岩、障积岩、骨架岩
				台内滩	生屑(藻屑)滩、砂屑滩
	台地边缘	潟湖	台地边缘	台坪	(含生屑)灰泥、有孔虫灰泥、含泥灰泥
		台缘礁块礁塌积相		台缘礁	黏结岩、障积岩、骨架岩
	广海陆棚	塔礁	台缘斜坡	台缘滩	生屑(藻屑)滩
			缓坡	钙屑浊积、混积、斜坡灰泥	
			陡坡	塌积、斜坡灰泥	
			塔礁	黏结岩、障积岩、骨架岩	

2.2.1 开阔台地相

开阔台地位于台地边缘之后的深水环境,水体能量一般较低。前人认为台缘礁的遮挡作用导致该区域水体循环较差,盐度略高,主要发育封闭潟湖和一些发育不良的补丁礁。笔者在观察岩心、薄片和地震资料后,发现台内礁、滩发育较普遍,居礁生物种类较丰富,未见到明显的封闭咸水环境标志,故认为珠江组开阔台地主要为开放潟湖及海湾,水体循环较好,盐度基本正常,划分为台内礁(点礁)、台内滩、台坪(滩间)亚相。

(1) 台内礁亚相

以发育珊瑚藻礁为特征,根据岩石结构可细分出骨架岩、黏结岩及障积岩微相,其中黏结岩微相最发育(图 2-A)。

骨架岩 不常见,发育枝状和块状群体珊瑚,局部见单体珊瑚,共生生物常见珊瑚藻、有孔虫、苔藓虫及棘皮等,粒间、粒内及生物体腔孔等多为亮晶胶结,少量灰泥及细小生屑充填。

黏结岩 以发育结核状藻团的藻黏结灰岩为主。黏结岩受波浪或潮汐流影响,翻卷、滚动,并

同时黏结灰泥和生屑形成圆形团块,随水动力强度不同,团块粒径大小不一。台内礁的藻团粒径较小,多为 1~3 cm,反应较强的水流强度。造礁生物主要是珊瑚藻、苔藓,偶见绿藻,居礁生物以有孔虫、棘皮为主,偶见腕足、介形虫。

障积岩 造礁生物以枝状和瘤状珊瑚藻为主,有孔虫、腹足、腕足、棘皮等居礁生物含量相对较多,生物体腔孔或粒间多充填灰泥,反映为较弱的沉积水动力条件。

(2) 台内滩亚相

开阔台地内部古地貌高点或生物作用形成的隆起区,灰岩粒屑堆积形成台内滩,粒屑由生屑和灰岩砂砾屑组成。

台内滩根据灰岩颗粒类型可细分为生屑滩和砂屑滩微相。生屑滩由珊瑚藻屑、有孔虫、苔藓虫、棘皮、介屑等生物碎屑组成,砂屑滩由机械破碎而成的灰岩砂砾屑组成。局部地区台内滩可见少量的碎屑矿物,以石英、岩屑为主(图 2-B)。

(3) 台坪(滩间)亚相

台坪主要为开放潟湖环境下的低能灰泥沉积,岩性以微晶灰岩为主,常含有孔虫、藻屑、抱球虫等生屑颗粒,局部地区受陆源携带影响含泥质(图 2-C)。

2.2.2 台地边缘相

台地边缘处于碳酸盐岩台地上水动力条件最强的环境,各种造礁生物、居礁生物和沉积现象发育。前人考虑到沉积成因的关联性,将台缘礁滩前斜坡处的碳酸盐塌积岩体划归台地边缘相带;同时,对于以生物滩为主的台缘礁滩复合体强调生物礁元素,命名为“块礁相”。笔者认为,沉积相的划分应凸显各沉积体的空间分布位置。首先,碳酸盐塌积岩体发育于台缘斜坡,沉积环境、沉积构造等与台缘礁滩存在一定差异,应该分属不同沉积相带;其次,礁滩复合体的命名应尽可能直观的反应沉积环境、岩石类型、沉积构造等,由于礁滩复合体以生物滩为主,礁的发育比较局限,故“台缘滩”能够对礁滩复合体拥有更直观的概括。

(1) 台缘礁亚相

造礁生物包括珊瑚藻(红藻)、珊瑚、海绵、苔藓、绿藻等,以藻类为主,可细分为缠绕结构、皮壳

① 东沙碳酸盐台地第三纪生物礁(滩)单井相研究,1990. 中石化总公司南海东部石油公司内部资料。

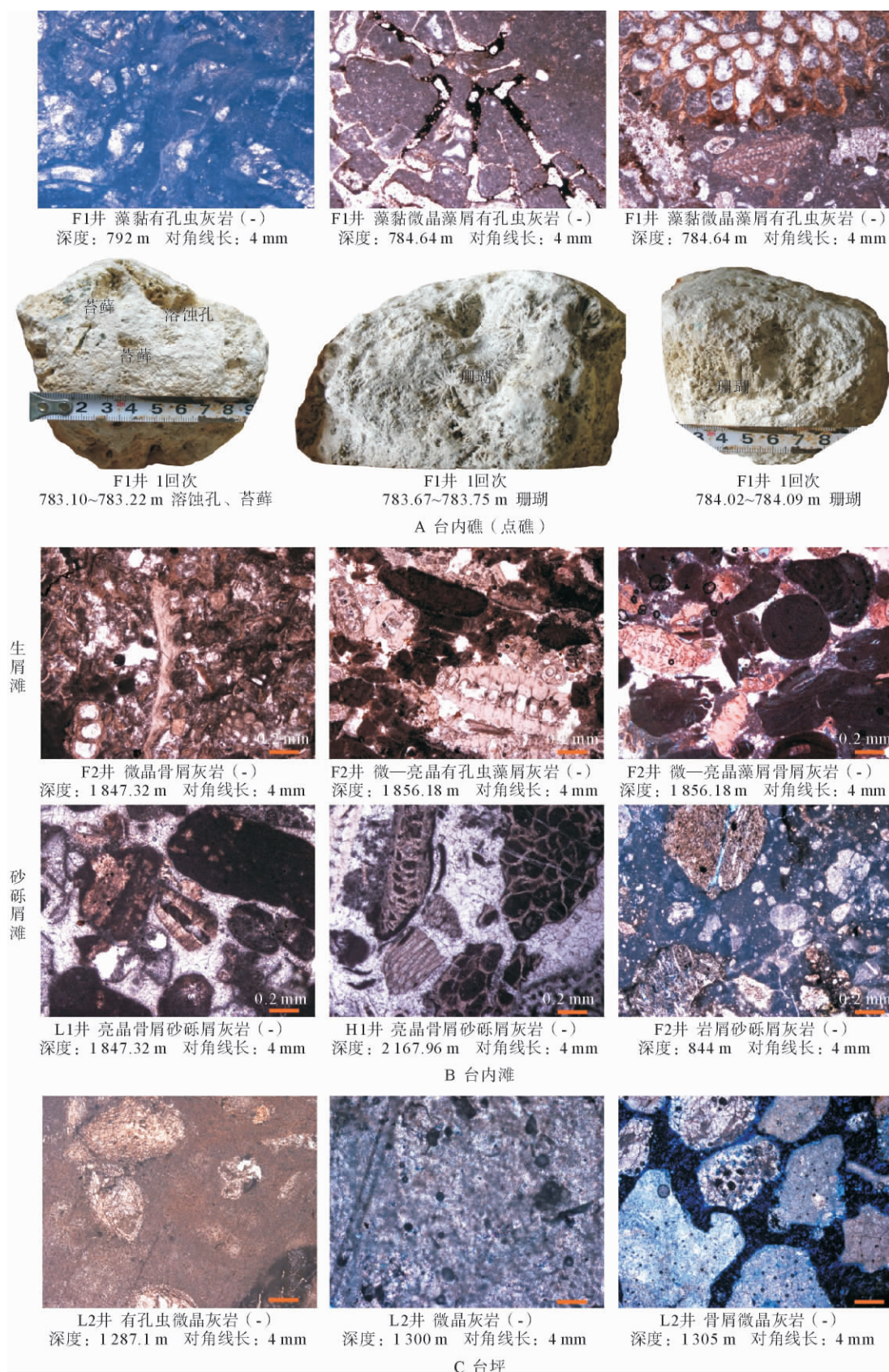


图 2 珠江口盆地(东部)珠江组开阔台地内部亚相岩性特征

Fig. 2 Lithological characteristics of subfacies in open platform in Zhujiang Formation of Pearl River Mouth Basin

状结构和结核状结构。根据岩性可细分为骨架岩、黏结岩和障积岩微相(图 3)。

骨架岩 以枝状和块状群体珊瑚为主,局部为单体珊瑚。

黏结岩 广泛发育,以皮壳状珊瑚藻黏结岩为主。按结构、构造可细分为藻纹层灰岩和藻黏结灰岩,以发育结核状藻团的藻黏结灰岩为主,藻团直径明显较台内礁藻团直径大,如 L2 井多为 4~7 cm,反映沉积水动力条件相对台地内部黏结岩强。

障积岩 不常见,岩性为藻黏结生屑灰岩,为底栖藻类通过阻碍各种生物骨屑或其他碳酸盐岩

颗粒搬运使其滞留在其周围形成,底栖藻类以枝状和结核状珊瑚藻、苔藓虫为主。

(2) 台缘滩亚相

普遍发育于台缘礁后侧,但在缺少台缘礁的台地边缘,受海底地形因素亦可呈规模发育。台缘滩主要由生屑颗粒堆积而成,常见的生物碎屑包括珊瑚藻、珊瑚、苔藓虫、大有孔虫、有孔虫、介形虫、腕足、腹足等,颗粒含量可达 55%~70%,见定向排列及破碎的砂砾屑。岩性以微(亮)晶藻屑有孔虫灰岩、微(亮)晶有孔虫藻屑灰岩、微(亮)晶骨屑灰岩、微(亮)晶有孔虫灰岩为主,偶见珊瑚

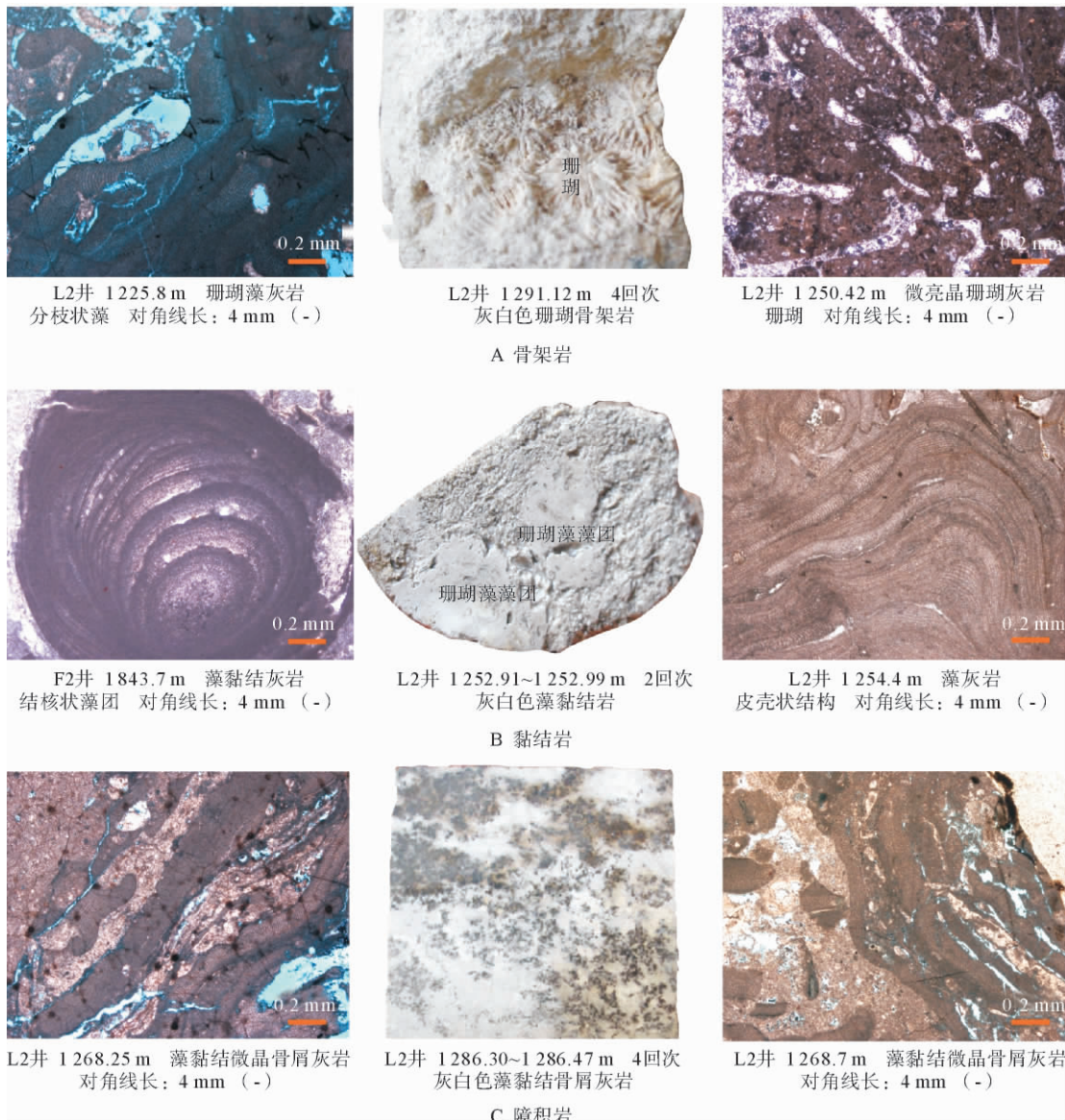


图 3 珠江口盆地(东部)珠江组台地边缘礁亚相岩性特征

Fig. 3 Lithological characteristics of reefs in platform edge in Zhujiang Formation of Pearl River Mouth Basin (East)

屑灰岩、海绵屑灰岩和绿藻屑灰岩(图 4)。

2.2.3 台缘斜坡相

台缘斜坡位于台地边缘向深水一侧,坡度较大。受波浪作用影响,台缘礁滩容易破碎、垮塌,在斜坡上堆积大量形状和大小各异的碳酸盐岩碎屑;同时,在缓斜坡上的局部隆起处亦可发育规模不等的塔礁。根据坡度和沉积构造可划分为缓坡、陡坡及塔礁亚相。前人将塔礁作为独立于碳酸盐岩台地之外的特例,划入广海陆棚相带。但笔者通过对研究区的地震沉积解释,发现塔礁多发育于台缘缓坡上,故认为塔礁作为特殊的地质

体应划归台缘斜坡的亚相单元。

缓坡亚相 坡度相对较小,相带相对较宽,发育在碳酸盐岩台地北侧陆丰地区,在地震剖面表现为平缓、连续的强反射。

陡坡亚相 陡坡坡度相对较大,相带相对较窄,发育在碳酸盐岩台地南西侧流花地区台地边缘(断层上盘)断层外侧(断层下盘),在地震剖面表现为杂乱反射。

塔礁亚相 斜坡古隆起上的塔状礁体,岩石结构与台地边缘礁近似,可细分为骨架岩、黏结岩、障积岩(图 5)。

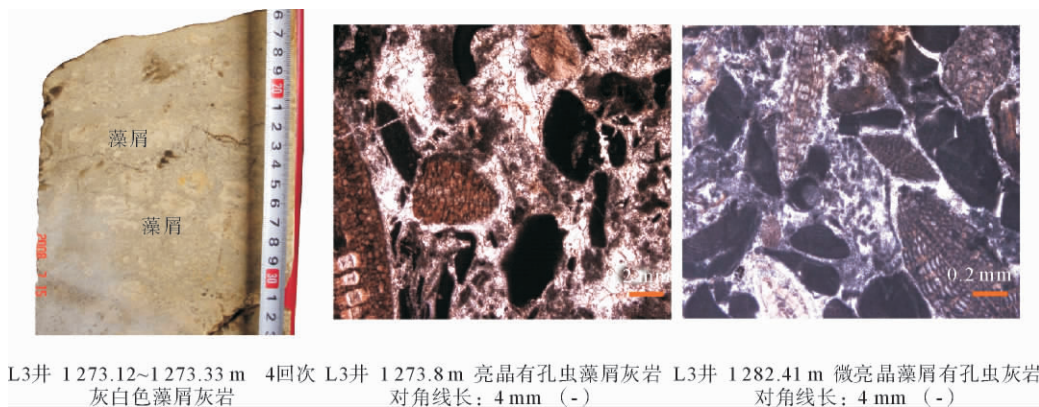


图 4 珠江口盆地(东部)珠江组台地边缘滩亚相岩性特征

Fig. 4 Lithological characteristics of biological beach in platform edge in Zhujiang Formation of Pearl River Mouth Basin (East)

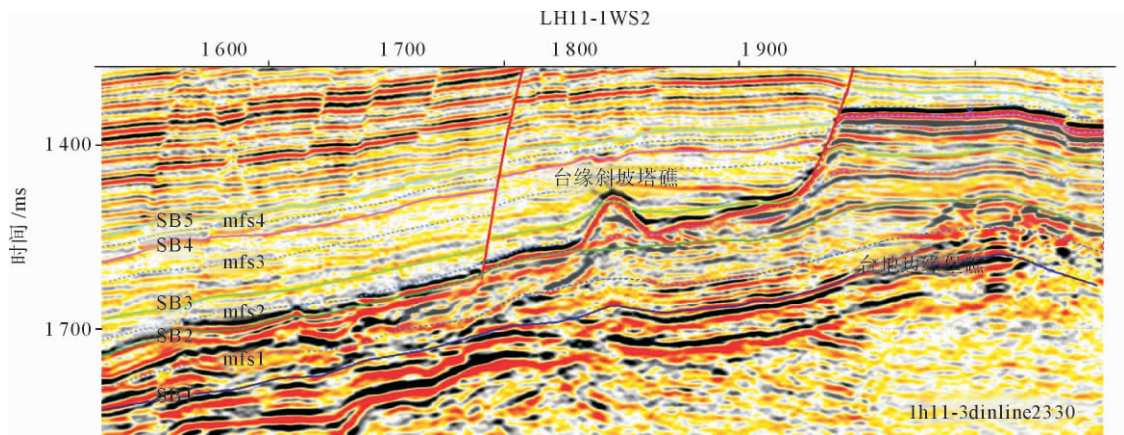


图 5 珠江口盆地(东部)珠江组塔礁亚相地震相特征

Fig. 5 Seismic characteristics of a tower reef in Zhujiang Formation of Pearl River Mouth Basin (East)

3 沉积模式

东沙碳酸盐岩台地受全球海平面变化与构造运动双重影响,不同体系域沉积相发育有所不同,沉积模式也不相同(图 6)。

海侵体系域形成于海平面主体上升时期,碳酸盐岩台地主要发育低能的开阔台地台坪沉积,台地边缘礁滩较发育。

高位体系域形成于海平面主体下降时期,后期常有暴露溶蚀。碳酸盐岩台地主要发育高能的平台缘礁及台缘生屑滩沉积,开阔台地台内礁、生屑

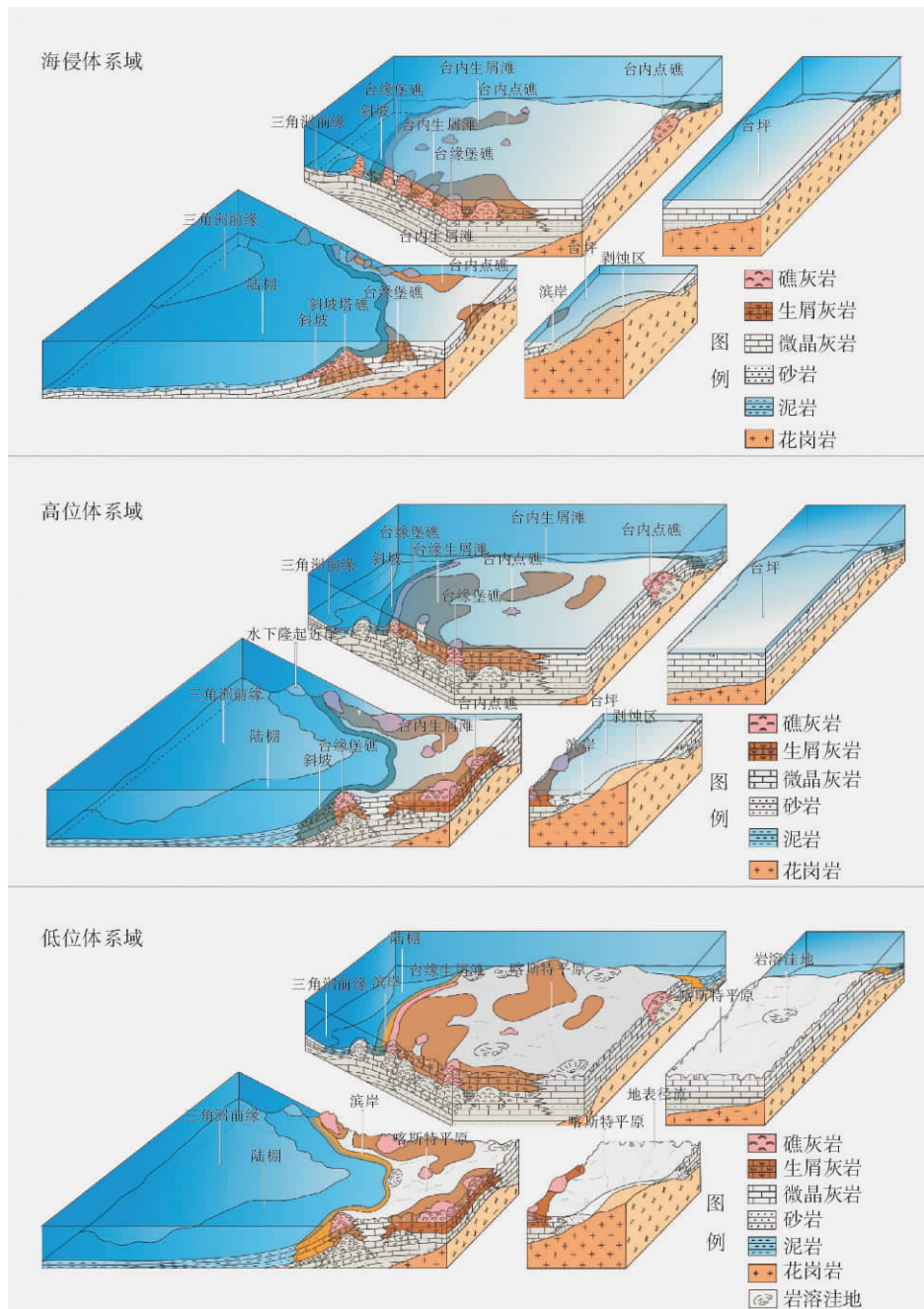


图 6 珠江口盆地(东部)珠江组海侵、高位和低位体系域沉积模式

Fig. 6 Systems tract depositional model in Zhujiang Formation of Pearl River Mouth Basin (East)

滩亦普遍发育,滩间为台坪沉积。

低位体系域海平面下降到坡折带以下,碳酸盐台地暴露剥蚀并发生喀斯特化,沉积只发育在坡折带以下的斜坡—陆棚环境。层序暴露界面普遍见渗流黏土、渗流粉砂、示底构造、褐铁矿化(染)、淡水方解石充填溶蚀缝、洞等表生暴露标志^[9],暴露面之下的高位体系域溶蚀发育。由于

暴露时间不长,未见浮游有孔虫和钙质超微化石断带。

由沉积模式分析可知,台地边缘礁滩在海侵期和高位期均广泛发育,相带迁移不明显,垂向上呈现礁滩交替叠置特点,可形成巨厚灰岩储层;台地内部礁滩发育规模和厚度均较小,相带迁移频繁。高位后期和低位沉积期,碳酸盐台地暴露剥

蚀并发生喀斯特化,淡水淋滤作用可形成各类溶孔(粒内溶孔、粒间溶孔、铸模孔等)、溶缝,能够进一步改善碳酸盐岩储层的物性条件。因此,珠江口盆地(东部)珠江组碳酸盐岩的有利储集相带应集中于台地边缘礁滩相,优势储集层段应主要发育于高位体系域的上部岩溶层。

4 结论

(1)将沉积相研究与前人成果相互比较存在两点不同:①碳酸盐岩的岩石学分类方案不同;②沉积相的划分类型和依据略异。在此基础上提出碳酸盐岩沉积相划分方案为3个沉积相带、8个亚相类型。

(2)碳酸盐岩台地沉积相发育受层序演化影响明显,不同体系域的沉积模式各不相同。由沉积模式分析可知,珠江口盆地(东部)珠江组碳酸盐岩的有利储集相带应集中于台地边缘礁滩相,优势储集层段应主要发育于高位体系域的上部岩溶层。

参考文献:

- [1] 庞 雄,陈长民,邵 磊,等.白云运动:南海北部渐新统一中新统重大地质事件及其意义[J].地质论评,2007,53(2):145-151.
- [2] 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,2003:1-266.
- [3] 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,2005,33(9):1177-1181.
- [4] 邵 磊,庞 雄,陈长民,等.南海北部渐新世末沉积环境及物源突变事件[J].中国地质,2007,34(6):1022-1031.
- [5] 姚伯初,万 玲,吴能友.大南海地区新生代板块构造活动[J].中国地质,2004,31(2):113-122.
- [6] 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,1994,13(1):1-8.
- [7] 曾允孚,夏文杰.沉积岩石学[M].北京:地质出版社,1986:165-169.
- [8] 冯增昭.碳酸盐岩相古地理学[M].北京:石油工业出版社,1989:134-138.
- [9] 黄 诚,傅 恒,汪瑞良,等.珠江口盆地东沙隆起珠江组层序地层界面识别及划分[J].海相油气地质,2010,15(3):32-39.

SEDIMENTARY FACIES AND DEPOSITIONAL MODEL OF THE NEOGENE ZHUJIANG FORMATION IN THE PEARL RIVER BASIN(EAST)

HUANG Cheng¹,FU Heng²,WANG Ruiliang³

(1 Northwest Oilfield Branch, SINOPEC, Urumqi 830011, China;

2 Energy Institute, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

3 Shenzhen Branch, CNOOC, Guangzhou 510000, China)

Abstract: The Miocene Carbonate deposits are widely developed in the Pearl River Basin(East) over an area of about 5 million square kilometers. Reefs were the main targets in the Early stage of exploration. With the progress of geological study, lithological reservoirs have gradually become the major concern of exploration. In mean time, there is still lack of knowledge about the types of carbonate rocks and their distribution. In this paper, upon the basis of new drilling and seismic data, we made a comprehensive study of the previous research products. Our conclusion is slightly different due to the application of different carbonate and sedimentary facies classification systems. Study of sequence evolution indicates that depositional models are different in different system tracts.

Key words: sedimentary facies;depositional model;carbonate;the Zhujiang Formation