

海南岛排浦珊瑚礁区的 现代沉积体系及其演化过程^①

全松青 王国忠 吕炳全 蒋盘良

(同济大学海洋地质系)

提要 海南岛排浦礁区由珊瑚岸礁和堤礁及其间水域组成。因堤礁的障壁作用和丰富的陆源物质供应,研究区内形成清水和浑水两类沉积环境,产出清水碳酸盐和浑水碳酸盐两列沉积体系,并形成礁源沉积、陆源沉积和混合沉积三类沉积物。文中详细论述了各类沉积的特征,讨论了沉积体系的演化过程:全新世早期是单一的陆源碎屑沉积体系,全新世中期海侵,气温转暖,形成早期排浦岸礁与大铲堤礁的雏型,全新世晚期堤礁进入成熟阶段,其障壁作用加强,最终形成清水与浑水两种沉积环境和两列沉积体系。

关键词 海南岛 珊瑚礁 沉积体系 混合沉积

第一作者简介 全松青 男 42岁 工程师 海洋地质学

排浦珊瑚礁区地处北纬 $19^{\circ}17'$ — $19^{\circ}43'$,东经 $109^{\circ}4'$ — $109^{\circ}12'$,位于海南岛西北部的北部湾内。是国内地质界考察、研究现代碳酸盐沉积的重要基地之一。研究区内清水和浑水沉积环境同时并存,礁源和陆源物质多方位的供应创造出两列沉积体系,并派生出礁源沉积、陆源沉积和混合沉积三类沉积相组。本文拟从区域沉积环境和沉积作用整体出发,全面系统地阐述两列沉积的形成及其发育演化过程。这对研究礁源和陆源混合沉积作用能提供“将今论古”的借鉴。

1 清水和浑水碳酸盐沉积环境

排浦现代珊瑚礁区由排浦岸礁、小铲岸礁、大铲堤礁及其后泻湖组成,面积约 100km^2 (图1)。东北方陆地兵马角呈半岛状伸入海域,小铲岸礁和大铲堤礁于岸外起障壁作用,以及新英湾和沿岸水系的流入,使本区形成清水碳酸盐沉积环境和浑水碳酸盐沉积环境同时并存的特殊格局。

本研究区地处热带,具有热带季风岛屿气候,水文气象等因素都适宜珊瑚类造礁珊瑚生长、发育;由于大铲堤礁和小铲岸礁的障壁作用造成礁前、礁后水动力条件和水质的明显差异。大铲堤礁礁前经受强烈的破浪作用,形成高达 $4\sim 5\text{m}$ 的砾石堤,而礁后泻湖区经常处于低能环境中;大铲礁前海水的盐度接近于海南岛西岸表层海水的平均值(33.3%),而礁后区的夏季海水盐度可达35.99%。研究区内潮差达 4.39m ,海流也以潮流为主,由于面积为 50km^2 的袋状新英湾和湾外洋浦大浅滩的存在,纳潮量达 $1\text{亿}\text{m}^3$ 之巨的潮水从白马井峡口吞吐,在峡口

^① 国家自然科学基金资助课题

处淘蚀成深达 25m 的深槽。潮流特征是涨潮流速小于落潮流速;涨潮历时长于落潮历时,而且绝大部分潮水经大铲礁和小铲礁间的西北水道吐出。水文气象因素的上述特征将控制区内碎屑物质的搬运方向,数量分配以及沉积作用。

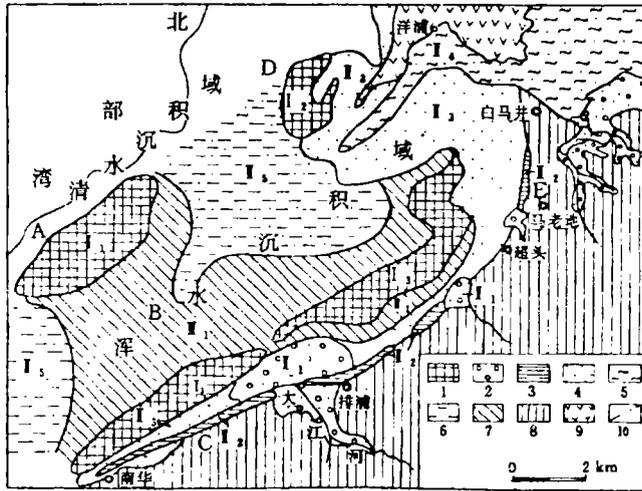


图 1 排浦珊瑚礁区沉积体系图

1. 礁源沉积(I, I₁); 2. 河口三角洲沉积(II); 3. 海滩、沙堤、沙丘砂沉积(II₂);
4. 浅滩沙洲砂沉积(III); 5. 深槽泥砂沉积(IV); 6. 浅海沙泥沉积(V); 7. 礁源、陆源混合沉积;
8. 第四纪滨海—浅海沉积; 9. 全新世玄武岩; 10. 等深线

Fig. 1 The map of sedimentary systems of Paipu recent coral reef area

供应研究区的陆源物质来自新英湾、侵蚀海岸和沿岸小河流。新英湾是一个海岸泻湖(图 2),注入其东南部的北门江和春江的泥沙在河口地区形成三角洲,其中 $<0.1\text{mm}$ 的沙泥质呈悬移状态被潮流带出洋浦深槽,进入礁后泻湖,造成海水的浑浊。侵蚀海岸的海蚀地貌明显,侵蚀后的产物自砾石到泥质俱全,以砂粒为主,泥质次之。排浦附近的大江河等独流入海的小河,携带的沉积物以推移质为主,悬移质较少。

上述陆源碎屑物质的输入极大地改造了沉积介质的性质,遏制了排浦岸礁的发育。其中悬移物质大部分随落潮海流输送到浅海区,仅少量滞留于泻湖内。

造成区内两种完全不同的沉积环境——礁后泻湖内的浑水碳酸盐沉积环境和礁前外海的清水碳酸盐沉积环境,并堆积了三类典型的沉积物。

2 两种现代沉积体系与三类沉积相组

在上述两种性质完全不同的沉积环境中,形成了两个沉积体系。根据物源性质可划分成三类沉积物——礁源沉积物、陆源沉积物和混合沉积物(表 1)。

2.1 礁源沉积相组

2.1.1 大铲珊瑚堤礁(I₁) 位于排浦镇西北(图 1),长 5km,宽 1~1.5km。礁前迎浪,水动力强,礁后明显减弱,前后环境的分异,明显地反映在礁的生态和沉积相组的特征上(图 2)。

表1 排浦现代珊瑚礁区沉积体系

Table 1 Sedimentary systems of Paipu recent corat reef area

沉积环境	沉积体系	沉积相组	沉积类型
清水	清水碳酸盐	小铲岸礁沉积相组 (I ₂) 大铲堤礁沉积相组 (I ₁)	礁源沉积 (I)
		大铲堤礁礁后沉积相组 (I ₃) 排浦岸礁沉积相组 (I ₄)	
浑水	浑水碳酸盐	礁后泻湖混合沉积相组 (II ₁) 礁(潮)坪沙洲混合沉积相组 (II ₂)	混合沉积 (II)
		河口三角洲砂沉积相组 (I ₁) 海滩、砂堤、沙丘砂沉积相组 (I ₂) 潮坪浅滩沙洲砂沉积相 (I ₃) 深槽泥沙沉积相 (I ₄)	陆源沉积 (I)
		浅海(泻湖水道)沙泥沉积相 (I ₅)	

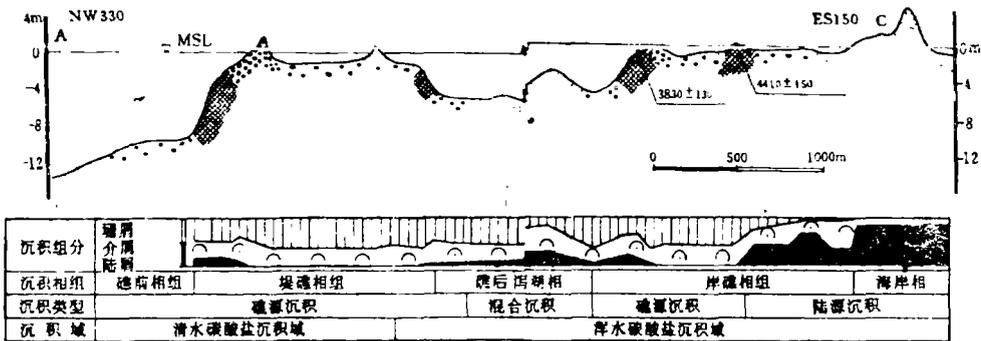


图2 大铲珊瑚堤礁—排浦岸礁沉积类型剖面图(图例见图3)

Fig. 2 The section of sedimentary types of Dachan Barrier Reef-Paipu Fringing Reef

a. 礁前相组 以堤礁原地礁岩相为主,向海侧有礁前塌积相和浅海砂相。原地珊瑚礁相自低潮面到水深10m为一斜坡带,以3.4m水深上部3.5°,下部9°。礁面被强烈切割,下部槽沟系统明显。礁面上活珊瑚上部占40~80%,下部占25%,10m以下停止生长。珊瑚属种以丘状、脑状的造礁珊瑚为主,有少量粗枝鹿角珊瑚生长在礁岩上。本相带以原地珊瑚格架礁岩占主导地位,槽沟中砂屑沉积占总量的比例甚微。礁前,斜坡坡麓产出礁源塌积物远离礁体,礁源物质迅速减少,而陆源的供给增加,沉积物过渡为礁前混合沉积和陆源沉积。

b. 礁冠沉积相组 由迎风礁缘砾石堤相、礁坪砾砂相和背风礁缘灰砂洲相组成。前者为宽几十米至200m高4~5m的砾石堤,由礁块、砾石和长珊瑚断肢组成;礁坪地形平坦,低潮时水深10~15m,底质以砂屑为主,覆盖面积占70~80%,余为砾屑和活珊瑚群体,礁坪底面产出直径为1.5~3m的圆盘状原生珊瑚补丁礁(微环礁),一般高出礁坪20cm。灰砂洲分布于礁坪内侧,呈雁行式排列,洲首以NNW向伸入礁坪内,洲尾向东撒开,并延伸到水深2m处。

礁冠相组的物质主要来自礁前珊瑚生长带,因位踞高位,陆源物质影响极小(陆源砂含量<1%),属纯礁源碳酸盐沉积。

c. 礁后沉积相组(I₃,表 1) 由礁后原地珊瑚礁岩相和泻湖砂相组成,因处于浑水环境中,遭受来自礁坪和灰砂洲的碎屑物质的掩埋,而且随着堤礁的成熟度增大,掩埋作用也加大,因而造礁珊瑚处于不利的生长条件中,仅在水深 2m 左右的地形转折处,珊瑚覆盖率最大,可达 40%,主要有蜂巢珊瑚、盔形珊瑚、合叶珊瑚、叶状珊瑚和牡丹珊瑚。而在水深 2m 以浅,鹿角珊瑚生长较多,本处珊瑚生长下限深度为 3、4m。槽沟中砂样为介屑珊屑细—中砂,含陆源碎屑 2~4%。

礁后泻湖砂相也以珊屑介屑砂为主,随着离礁距离的加大,其粒级变细,而陆源组分的含量增多,过渡为混合沉积。

2.1.2 小铲珊瑚岸礁(I₂) 该岸礁的基础是玄武岩组成的海岸岬角和沙咀—洋浦鼻。其西側面向外海,水动力条件强,属清水碳酸盐沉积环境。礁前珊瑚生长条件良好,形成宽约 200m 的礁前珊瑚生长带(图 3),生长下限水深达 7m,礁面上活珊瑚覆盖率达 60~70%,造礁石珊瑚以丘状、脑状珊瑚为主,少量枝状鹿角珊瑚杂居其间。

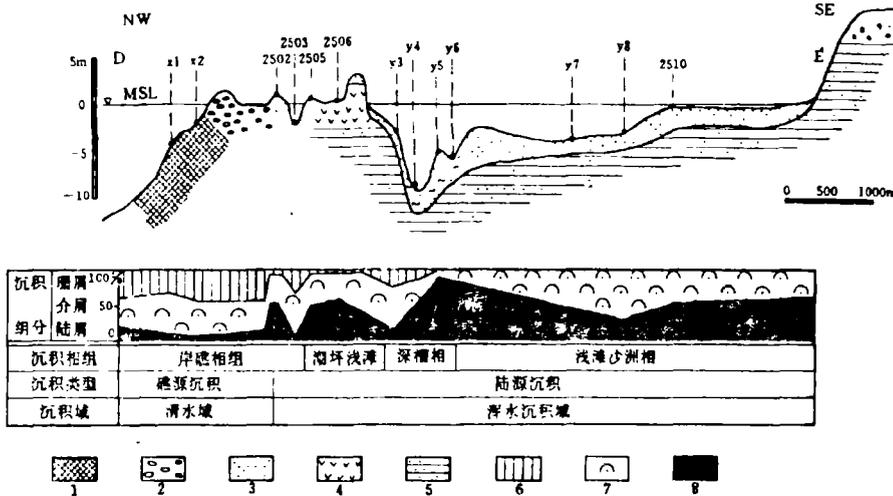


图 3 小铲珊瑚岸礁—洋浦鼻—洋浦大浅滩沉积类型剖面图

1. 原地珊瑚礁岩; 2. 砾石; 3. 砂; 4. 玄武岩; 5. 湛江组泥砂沉积; 6. 珊屑; 7. 介屑; 8. 陆源碎屑

Fig. 3 The section of sedimentary types of Xiaochan Fringing Reef-Yangpu Nose—Yangpu Great Shoal

洋浦鼻与小铲礁的礁冠部间形成一潮汐水道,水深小于 2m,有珊瑚群体生长,水道两侧发育沙坝和沙洲。

小铲珊瑚岸礁的礁冠部由礁坪前缘砾石堤和礁坪砾砂相组成,其组分以礁源生物碎屑为主,陆源碎屑含量极微(<5%),属礁源沉积。但在洋浦鼻西側的沙洲和水道两侧的沙堤沉积,因主要接受洋浦鼻和北方滨海的陆源砂,其组分以陆源砂为主(>50%),珊瑚含量<10%。

2.1.3 排浦珊瑚岸礁(I₄) 长 16km,宽 0.5~3km,在排浦镇附近,大江河三角洲叠覆在岸礁坪上(图 1),但水下原生格架礁岩仍联成一体。表明早期的成礁环境较好,大江河的影响

仅在近期较强。因位于礁后泻湖的浑水环境中,造礁珊瑚的生长下限一般为2~3.3m,只是在靠近泻湖通道口,生长下限达到5.5m(图2)。

a. 排浦岸礁礁前相组 为原地珊瑚礁岩相,自低潮面起以1~3.5°的坡角向下延伸到3.3m,斜坡上分布稀疏的槽沟,沟深为0.5~1m,呈U型。造礁珊瑚以抗泥沙能力强、珊瑚骨骼大而凸起高的、具有长而粗的触手的丘状和块状珊瑚为主,如合叶珊瑚、盔形珊瑚、扁脑珊瑚、蜂巢珊瑚、滨珊瑚等,并产出少量蔷薇珊瑚、鹿角珊瑚、杯形珊瑚等。礁面上活珊瑚覆盖面积高者可达70%,多数为30~40%。

b. 礁冠相组 排浦岸礁礁冠部由高差为50~60cm的两个台阶组成(图2)。台阶前缘为原生珊瑚和砾石相,其后为礁坪砾砂相。上、下礁缘原生珊瑚的¹⁴C测年数据分别为5340±160~4007±150a和3542±123~3260±90a^[4,5]。下礁缘原生珊瑚补丁礁的覆盖面积为25~30%,而在上台阶边缘可达50~80%,礁体直径为2~3m,高0.8m,以滨珊瑚居多,另有蜂巢珊瑚、菊花珊瑚、盔形珊瑚等。砾石覆盖面积约20~70%,砾径一般为5~20cm,最大50cm,其中砾径为2~5cm的陆源石英和玄武岩砾石占10~15%。

礁坪相的底质以砾砂屑为主,并产有直径为2m的十字牡丹珊瑚和陀螺珊瑚等原生珊瑚群体。砾石以块状为主,约占80%,砾径变化于5~30cm之间。向岸方向砂质增加,而且常有礁源、陆源混合砂以游动沙洲的形式叠覆在礁坪表面,向西南方向移动。在礁坪的低洼处有以盔形珊瑚为主的小群体(<15cm)生长,覆盖面积约5%。礁坪上软体运动,尤其是各种小螺和蠕虫类密集栖居。

2.2 陆源沉积相组

如前所述,陆源物质对本区供应颇丰,以陆源碎屑占优势的陆源沉积相组有(1)河口三角洲沉积相,(2)海滩、沙堤、沙丘砂相,(3)潮坪浅滩沙洲砂相,(4)深槽淤泥相和(5)浅海泥砂相等(图3,表1),各沉积相特片简述如下。

2.2.1 河口三角洲砂沉积相(I₁) 以大江河三角洲为主,另有南华河三角洲等(图1)。因沿岸落潮流比涨潮流的影响大,大江河三角洲呈一向西南偏移的不对称形态。三角洲由河床砂、沿岸沙咀、拦门沙坝、前缘砂、水下沙坝等微相组成。河床砂由粗砂组成(M_z=-0.37Φ),分选差(δ=0.97)。三角洲前缘砂由陆源细砾—粗砂—细砂组成,分选中等。而拦门砂为陆源中—细砂(M_z=1.04Φ),分选较好。大江河三角洲沉积以陆源碎屑占优势,一般>90%,主要由石英、长石、花岗岩岩屑等组成,重矿物如角闪石、钛铁矿、绿帘石等也颇丰。介屑在6%以下,珊瑚屑小于3%,后者向前缘增加。其它小河口的三角洲也以陆源砂为主,但其粒度要细得多。

2.2.2 海滩、沙堤、沙丘砂相(I₂) 主要分布于超头以南和洋浦鼻等堆积型海岸带(图3)。海滩滩面坡度依砂的粒级粗细而变化于2~9°之间,宽度在15~50m不等,常由陆源粗—中砂组成,石英、长石等含量>70%,介屑<25%,珊瑚屑含量不足10%,沉积物分选性好,在高潮线附近常有黑色矿物富集成层。砂堤、砂丘砂为含介屑陆源中—细砂(M_z=2.38~2.53Φ),分选性好,陆源碎屑>80%,介屑>10%(图2)。现代沙丘一般高4~5m,最高可达7m,部分沙丘已生长木麻黄和仙人掌等植物起固定作用。

2.2.3 浅滩、沙坝、沙洲砂相(I₃) 分布于洋浦深槽东南的洋浦大浅滩、排浦岸礁礁坪上,以及洋浦鼻以西的海蚀坪之上,以沙坝、移动沙洲等形式出现。洋浦大浅滩实质上是在湛江组地层侵蚀面之上的河口沙坝。现代松散沉积物厚约2.2m,为青灰—黄灰色介屑陆源砂,粒度变化范围广,自西向东变粗,上极细砂、细砂、中—粗砂到砾质砂不等。陆源碎屑含量在25~91%

之间,以中一细石英砂为主,生物碎屑中未见珊瑚碎屑,主要是原地生长的薄壳双壳类,经搬运磨蚀的扇贝和螺等,其含量变化于11~75%之间(图3)。由此可见,在一些沉积相中,原地沉积的介屑可对沉积组分作很大贡献。侵蚀坪和礁坪上沙洲由砾屑和砂组成,其物质来源以更新世的泥砂质地层为主,也有来自玄武岩的风化产物,但母岩中的细碎屑物质已被分选并携带入浅海区。

2.2.4 深槽淤泥相(I_4) 分布于洋浦深槽中,自新英湾口起紧靠北岸延伸到小铲礁西南,呈一弧形相带,长约10km,宽400~500m,水深5~25m。沉积物为青灰色粉砂质泥,其中泥质含量占50~70%,粉砂占30~50%(图3),它们是新英湾内的悬移质,被落潮流带出峡口后,在深槽中的絮凝沉积物^①。淤泥中原生软体动物较丰富。在深槽出口处粒级增大成细一中砂。

2.2.5 浅海泥砂相(I_5) 分布于礁后泻湖的西北和西南通道及其外侧的水深10m以下的海底,由青灰色细砂和粉砂质泥组成,其中泥质含量>50%,细砂占20%,粉砂占30%左右,沉积物源以新英湾和侵蚀海岸为主^②。

2.3 礁源、陆源混合沉积相

介于上述礁源沉积相组与陆源沉积相组之间的地区,在波、潮、流等动力因素作用下,发生礁源碎屑和陆源碎屑的混合沉积作用。组成混合沉积物的主要组分有陆源碎屑、珊瑚碎屑和软体震动介壳碎屑(介屑)三大类。前两者具有明显的物源标志,而介屑的指相作用则含混不清,它们可以是海底或潮坪等原地生长的软体动物,也可以是从珊瑚礁体范围内的礁栖软体动物介屑搬运到混合沉积相区的沉积物,也可以是从陆源碎屑分布相区内搬运来的。虽然可以通过软体动物属种鉴定其生态环境,但通过其碎屑鉴定其属种则非常困难。近些年来,关于混合沉积作用的研究工作虽已得到地质界的重视,并取得了重大进展,但对于混合沉积物分类等定量界线尚未有成熟的意见,因此只有陆源碎屑和珊瑚屑的含量作为衡量标准,而介屑的含量只能作为参考标志。

本研究区内混合沉积物主要有三类分布区:(1)礁后珊瑚沉积区,(2)礁坪沙洲沉积区和(3)礁前浅海沉积区。由于条件限制,后者的研究工作未曾开展,在此主要讨论前两个沉积相区的混合沉积特征。

2.3.1 礁后泻湖混合沉积相(III_1) 位于大铲堤礁、小铲岸礁和排浦岸礁之间的泻湖水域(图3)。湖底地形平坦,砂波发育,波痕长0.5m,高0.2m,砂屑分选性好($\delta_1=0.35\sim0.54$),以滚一跳动组分为主,悬移组分大部分已被分洗作用搬运到浅海区。本沉积相由浅灰色细一中砂组成。陆源碎屑含量处于13~30%之间(表2),其含量高低主要取决于离陆源区的远近和潮汐搬运作用的强度。珊瑚碎屑含量一般介于15~45%之间,处于次多地位,仅个别样品可达到优势,其多寡也受制于离礁缘的距离。介屑含量在混合沉积中通常占主导地位,变化于28~53%之间,有孔虫壳的含量变动于0.5~4%之间。本区以小有孔虫为主,大有孔虫含量不足全群的10%,其属种组合为巷转—海南马刺虫 *Ammonia-Calcarina hainanensis* 组合。陆源、礁源碎屑以原地介屑经过潮汐海洋长期搬运、分选形成随机均一的沉积结构,以此可以区别于多数封闭性良好的泻湖沉积。

2.3.2 礁坪沙洲混合沉积相(III_2) 礁坪近岸区,特别是礁坪上台阶内侧、既贴近陆源海滩、沙堤相带,又受上台阶外缘原生珊瑚礁岩的阻挡而成为陆源碎屑搬运的通道。它们与礁缘

^① 南京大学海洋地貌与沉积研究室,1984,洋浦港动力地貌调查报告。

碎屑相混合,并以游动沙洲的形式在礁坪上向西南移动。这类混合沉积物在排浦岸礁的东北部、大江河口等地都有分布,为灰—浅灰色陆源珊屑介屑砂,或含陆源介屑珊屑砂(表2),粒级以粗—中砂为主,也有细砂或含砾石($M_z=0.59\sim 2.2\Phi$),分选中等到好,个别样品较差($\delta=0.32\sim 1.86$)。陆屑碎屑含量在8~37%之间,珊屑为10~48%,介屑在22~57%,个别样品的三种主要组分几乎相等(31~33%),而且沙洲底部和顶部的组分相对比例也不同,如排浦东北岸礁礁坪上两个样品(表2中B8743、B8744),表明顶部砂样中陆屑较少,而珊屑和介屑明显增加,这是因为陆源与礁源碎屑的比重不同而引起的垂直分异,或是成熟度不等的反映,此类沉积物中有孔虫和藻屑一般都较少。

表2 陆源、礁源混合沉积组分统计表

Table 2 Components and characteristics of mixed sediments of terrestrial and reefoid materials

沉积相	样品号	产出位置	水深(m)	M_z (Φ)	δ_1	碎屑组分(%)							定名	
						陆屑	珊屑	介屑	节肢屑	藻屑	棘屑	有孔虫		其它
礁后泻湖混合沉积相	8729	礁后泻湖南端	6.87	3.23	0.54	15.66	28.03	49.97	6.17	1.81	0.45	1.34	1.58	含陆屑珊屑介屑细砂
	8732	西南岸礁前	5.45	1.71	0.48	19.19	36.22	37.42	4.84	1.46		0.78	0.09	含陆屑珊屑介屑细—中砂
	8734	西南岸礁前	2.12	1.68	0.35	30.00	14.88	52.57	0.90	0.89	0.02	0.73	6.59	含珊屑陆屑介屑中砂
	8736	大江河口外	6.45	1.90	0.51	24.30	42.92	27.86	0.48	3.03		1.20	0.45	陆屑—介屑—珊屑细—中砂
	Y8703	洋浦深槽北	3.15	2.59	0.34	13.38	23.22	48.06	4.94	1.22	0.71	7.32	1.16	含陆屑—珊屑介屑细砂
	8726	大铲礁前浅海	8.22	0.08	0.84	15.20	44.70	33.51	2.10	3.75	0.02	0.59	0.12	含陆屑介屑—珊屑砾石粗砂
变化范围			2.12	1.70	0.34	14	15	28	0.5	0.9		0.8	0.1	
			8.22	3.20	0.54	30.00	43	53	5	3.0		7.3	6.6	
礁坪沙洲混合沉积相	B8743	礁坪沙洲顶部		1.87	1.00	11.16	42.20	42.89	2.66	0.59	0.08	0.2		含陆屑珊屑介屑含砾中细砂
	B8744	礁坪沙洲下部		1.49	0.85	31.34	31.12	33.63	2.08	1.06	0.19	0.52	0.06	陆屑珊屑介屑细中砂
	B8745	海蚀坪沙洲		0.59	0.82	7.66	28.86	56.77	3.16	3.20	0.07	0.29		珊屑介屑(含)砾石中粗砂
	B8708	礁坪		0.28	1.86	27.18	47.63	21.88	2.27	0.40		0.36	0.26	含介屑陆屑珊屑砾石粗中砂
	B8717	沙洲		2.18	0.32	37.08	9.70	42.95	4.38	1.00	0.06	4.32	0.50	陆屑介屑细砂
变化范围			2.28	0.32	84	10	22	2.1	0.4	0.1		0.3	0.1	
			2.18	1.86	37	48	57	4.4	3.2	0.2		4.3	0.5	

这类混合沉积物在地层剖面上呈透镜状或夹层状混杂于原地礁格架或礁坪沉积之间,具有非均质分布的特点。

3 现代沉积体系演化过程

研究区内现代沉积体系的演化经过由单一的浑水陆源沉积体系到清水和浑水碳酸盐沉积体系并存的两个阶段。

3.1 浑水陆源沉积体系

在更新世初期,研究区内沿王五一文教断裂沉积了湛江期滨海相粉质粘土—砂砾层。早更新世末,在其东部堆积了早期玄武岩;中更新世时,在王五以东儋州林场—新州地区沉积了北

海期的滨海相砂砾层—中细砂层。晚更新世时(^{14}C 测年数据为距今2.4~3.2万年)于排浦东北海岸和兵马角西北神尖一带产出白云质砂砾岩、砂质白云岩和富含孔虫和海相介壳化石的浅海相粉细砂—砾石沉积^[3],曹琼英建议定为晚更新世神尖组^[8]。

更新世末期的玉木冰期使海面下降到今海面以下130余米,本区河谷深切,剥蚀夷平。

全新世时,在兵马角范围内,玄武岩喷发形成玄武岩台地,并伴有一系列断裂和地壳升降活动。NE向断层的作用造成断头河等地貌现象,大江河上游被春江袭夺向北流,北门江和春江因受台地阻挡而沿着兵马角玄武岩台地与更新世地层的接触带(也是断裂带),折向西流,在洋浦—白马井间河谷深切到今海面以下24~30m的湛江组地层中。全新世早期,本区开始海侵,随着侵蚀基准面的抬升,古河谷中堆积了7m以下的河流相砂砾层。当海面接近今海面时,在深槽前端形成拦门沙,而在其左侧形成洋浦大浅滩,其基底为湛江组地层,上覆2.2m的海相砂、砾及粉细砂,而表层为黄色粗—细砂。在新英湾的东南部堆积了大量粗碎屑冲积物,河水中的悬移质随落潮流入海。加上侵蚀海岸和其它小河的泥砂供应,早全新世时,研究区内被一浑水陆源沉积体系所控制。

3.2 清水和浑水碳酸盐沉积体系的形成

全新世中期,8000a时的大西洋期,气温较暖,北部湾的海侵于5800~4000a期间达到高潮^[9],大江河因被袭夺后水量减少,陆源泥沙减少,研究区内具备造礁生物繁荣发育的条件,可能于6300年前,在洋浦沿岸形成珊瑚岸礁,到4000a前礁坪向前推进了约500m,达到上礁坪外缘(图2)。

当时小铲岸礁和大铲堤礁已处于拓植期,礁冠部还位于海面以下几米深处,其障壁作用尚未充分发挥,礁后泻湖内水动力条件还较强,4000a到3200a之间岸礁侧向发育的速度仍较快,约侧积921m,合1.59m/y,到距今3200a之间形成礁坪下台阶边缘(图2)。此时,大铲堤礁和小铲岸礁也发育成熟,它们与岸礁下礁坪处于相同的标高上。以后,大、小铲礁体的屏障作用加强,礁后泻湖的封闭性加剧,水动力条件明显减弱,水质变差,泥沙含量增高,透明度降低,陆源泥沙在礁后泻湖中淤回盘旋,影响增大。大铲堤礁前后沉积环境分异加剧,形成清水碳酸盐和浑水碳酸盐两种性质迥异的沉积环境。

在两种沉积环境中,创造出本区特有的两类沉积体系和四种沉积相组:

在清水碳酸盐沉积环境中形成大铲堤礁、小铲岸礁礁体及其礁前清水礁相沉积相组;

在浑水碳酸盐沉积环境中形成大铲堤礁礁后沉积相组,排浦岸礁区的浑水礁源沉积相组,于海岸带、河口和洋浦湾内堆积了陆源滨海沉积相组。大江河下切作用加强,由花岗岩风化的粗粒碎屑组成的大江河三角洲叠加在排浦珊瑚岸礁之上。陆源碎屑和礁源沉积物以不同方式混合成混合沉积相组。

在大铲堤礁和小铲堤礁的礁前区,随着离礁体距离的增大,礁源物质供应急剧下降,而由沿岸流携带来的陆源物质的影响加大,也将出现一个礁源和陆源物质的混合沉积带。

这样,排浦现代珊瑚岸礁区两种复杂的、具有特殊意义的现代沉积体系最终形成。

结论

综合上述,可以得出以下结论:

1. 多物源多方位补给形成两种沉积环境

排浦礁区位于热带海域,在全新世中期具备成礁条件,形成排浦岸礁、大铲堤礁和小铲岸礁,平行海岸展布,起着显著的障壁作用,造成礁后泻湖。同时,其周边陆地又供应丰富的陆源物质。礁体的阻隔,礁源物质和陆源物质多方位的补给,在研究区内创造了两种沉积环境—清水碳酸盐沉积环境和浑水碳酸盐沉积环境。来自新英湾和侵蚀海岸的泥质悬浮体对浑水环境的形成具有最重要作用。

2. 两列沉积体系创造三类沉积物

在清水碳酸盐沉积环境中创造了现代大铲珊瑚堤礁和小铲珊瑚岸礁等清水碳酸盐沉积体系。主要是由礁前和礁冠相组的礁源沉积物组成,其分布区属于清水碳酸盐沉积域(图1),此外,有部分礁源碎屑被搬运到礁后泻湖内成为混合沉积的组成部分。

礁后泻湖的浑水碳酸盐沉积环境中产出现代浑水珊瑚礁沉积相组(排浦岸礁和大铲堤礁礁后相)、陆源碎屑沉积相组以及由两者混合成的混合沉积相组,这三类沉积物构成一个很复杂的特殊沉积体系。其分布区为浑水碳酸盐沉积域。

3. 浑水珊瑚礁的特征

礁后泻湖中泥质悬移质含量高,透明度低(2~3m)的浑水环境严重地遏制了造礁珊瑚的生长发育。在其中生长的主要是珊瑚骨骼大而凸起高的、具有长而粗的触手的抗泥能力强的丘状和块状珊瑚。珊瑚生长带的下限水深为(3.4m),礁缘槽沟体系不发育和活珊瑚覆盖率较低等是浑水珊瑚礁的其它特征。

4. 排浦礁区沉积体系的演化过程

排浦—洋浦区在全新世早期均属于陆源碎屑沉积。距今4000a前礁坪前缘已推进到上礁坪外缘,宽处近1km,处于雏型期,礁坪离海面较深。距今4000~3200a时,形成了岸礁下台阶。此时大铲堤礁和小铲岸礁也已发育成熟,礁坪达到今海面位置。它们的障壁作用加强,形成浑水沉积环境,大铲堤礁前后清水和浑水两种沉积环境最终形成。此后,礁后泻湖中珊瑚礁的生长速度大大减低,而大铲、小铲礁前则加速发展。

5. 沉积物的指相标志

虽然国际上关于混合沉积作用的研究已取得重大进展,但对于混合沉积的标志及其定量界限尚缺乏成熟的意见。Maxwell(1973)^[10]、Frankel(1974)^[11]曾根据碳酸盐和陆源矿物学的百分比含量划分成五类沉积相。Flood和Orme详细研究了北大堡礁一个海区内陆架沉积的陆源碎屑和碳酸盐沉积,划分为陆源相、过渡相、混合相和高碳酸盐相(礁、滩相)等四个相区,但也未能定出各种组分的定量界限来^[12]。

根据排浦礁区的实际情况,笔者认为陆源碎屑含量和珊瑚碎屑的含量是礁相和陆源相的指相标志。而介屑的含量虽然占优势,但不能作为指相标志。据研究区内混合沉积相区沉积组分的统计资料,组成礁源和陆源混合沉积的碎屑组分结构是,陆源碎屑为10~40%,珊屑为10~50%,介屑含量不限,这一界限也符合南海涠洲岛现代礁区的混合沉积组分分布情况^[13]。那里,陆源沉积组分中,陆屑一般>50%,珊屑<10%,介屑一般<50%,个别样品可达75%,礁源沉积中的陆源碎屑通常<10%。

参 考 文 献

- 黄金森,1965,海南岛南岸与西岸的珊瑚海岸,科学通报,1期,84—85页。
王国忠等,1982,海南岛更新世白云岩的发现及其形成环境分析,同济大学学报,4期,18—26页。

- 王国忠等, 1984, 海南岛排浦更新世沉积的白云岩化作用, *沉积学报*, 2 卷 2 期, 97—110 页。
- 全松青等, 1988, 海南岛排浦岸礁区现代浑水碳酸盐沉积相特征及沉积作用, *海洋与湖沼*, 19 卷 2 期, 179—185 页。
- 丘世钧, 1986, 礁坪发育与海平面变化, *中国海平面变化*, 海洋出版社。
- 张明书等, 1990, 海南岛周缘珊瑚礁的基本特征和成礁时代, *海洋地质与第四纪地质*, 10 卷 2 期, 25—43 页。
- Doyle L. J. and Roberts H. H., 1988, Preface of Carbonate-clastic Transitions. Elsevier, Amsterdam, P. V.
- 曹琼英, 1986, 海南岛西北岸三万年前后浅海相地层的发现及其意义, *南京大学学报*, 22 卷 3 期, 545—550 页。
- 黎广钊等, 1988, 北部湾东北部全新世海侵地层及微体古生物特征, *热带海洋*, 2 期。
- Maxwell W. G. H., 1973, Sediments of the Great Barrier Reef. In: Jones, D. A. and Endeane, R (Editors), *Biology and Geology of Coral Reefs*, V. 1, Geology 1, Academic Press, New York, p. 299—345.
- Frankel E., 1974, Recent Sedimentation in the Princess Charlotte Bay area, Great Barrier Reef Province. *Proc. 2nd Intern. Symp. Coral Reefs*, Brisbane, V. 2, p. 355—369.
- Flood P. G. and Orme G. R., 1988, Mixed Siliciclastic/Carbonate Sediment of the North Great Barrier Reef Province, Australia. In: Doyle, L. D. and Roberts, H. H. (Editors) *Carbonate-Clastic Transitions*, Elsevier, Amster Elsevier, Amsterdam, p. 175—205.
- 王国忠等, 1991, 南海珊瑚岛区现代沉积环境和沉积作用演化, *海洋地质与第四纪地质*, 11 卷 1 期, 69—82 页。

Modern Depositional Systems and Their Evolutional Process in the Paipu Coral Reef Area, Hainan Island, China

Quan Songqing Wang Guozhong Lu Bingquan Jiang Panliang

(Department of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, 200092, China)

Abstract

Paipu Coral Reef Area, about 100 km² in area, located at the Northwest Part of Hainan Island in the South China Sea, is consist of recent coral fringing reefs, coral barrier reef and their internal water body. Because of the obstacle of the barrier reef in the seaward side and rich supplement of terrigenous clastics from island, in this area exist two kinds of sedimentary environments — the fresh water carbonate sedimentary environment and the muddy water carbonate sedimentary environment. Therefore two sedimentary systems — the fresh water carbonate sedimentary system and muddy water carbonate sedimentary system are formed relatively. In these sedimentary environments accumulate three kinds of sediments: the reefoid sediments, consisted of fresh water coral reef facies and muddy water coral reef facies, the terrigenous sediments and the mixed sediments, deposited in the muddy water environments. In this paper the sedimentary characteristics of all kinds of sediments are described in detail.

The framework of muddy water coral reefs is built up by mound-like and massive corals with large and high knob of coralline skeletons and thick tentacles. The low limit of coral growing zone is 3.4m under the sea level; absent of spurs and grooves systems and lower coverage of growing corals are the other characteristics of muddy water coral reefs.

The evolutional process of sedimentary systems is as follows: in the early Holocene epoch a single terrigenous clastic sedimentary system existed there, in the time of middle Holocene transgression, the climate was becoming warmer, the early fringing coral reefs and Daehan Barries Coral reef formed, and in the late Holocene epoch, as the barrier coral reef was going into senile stage, the obstacle role of barrier reef was be-

coming strong, two kinds of sedimentary systems — fresh water sedimentary system and muddy water sedimentary system formed finally.

Authors of this article considered that the percentage of terrigenous clastics and coral debris can be used as the index of the reefoid sedimentary facies and terrigenous sedimentary facies, but the amount of the shell debris can't be used as the index of the reefoid or terrigenous sedimentary facies.