

海南岛清澜港及邻近海域表层沉积物的沉积特征

梁百和 吴华新 朱素琳

(中山大学地质系)

内容提要 本文从表层沉积物的组分及含量分布、重矿物、沉积结构及构造等三方面论述清澜港及邻近海域的沉积特征、能量条件和物质来源,探求了该区沉积物的搬运和沉积规律。通过上述分析,提出了清澜港的潮汐通道及其邻近海域不会发生过量陆源碎屑堆积,原因在于本区沉积物的搬运、沉积和改造作用趋于保持动态平衡的认识。

主题词 潮汐通道 重矿物 沉积结构 过量陆源碎屑堆积

第一作者简介 梁百和 男 48岁 讲师 沉积学

一、前 言

清澜港位于海南岛东海岸,是广东省海岸带及海涂资源综合调查大队地貌-沉积分队重点调查的港口之一。作者参加了该港口及邻近海域表层沉积物的取样和野外调查工作。对所取百余个表层沉积物样品进行了粒度分析¹⁾⁽¹⁾,并在其中选取不同沉积部位的代表性样品分别做了砂薄片鉴定(34个)、平均圆度测定(17个)、重矿物分析(20个)及酸不溶物含量测定(20个)。本文是野外调查和上述各种分析的综合研究成果。

分析样品主要取自清澜港及邻近海域0—25米水深的浅水区(图1),北有文昌河和文教河流入八门湾。河口周围及海湾沿岸被红树林环绕。南边为一侵蚀作用明显、岸线平直的开阔海湾(高隆湾)。湾外有珊瑚岸礁作天然屏障阻挡波浪。岸礁内侧为宽阔的礁坪及近岸海滩。南北两个海湾由潮汐通道联接。潮汐通道北段狭窄,北达八门湾,南至港门村附近,两岸被海积平原挟持;潮汐通道南段则切过阔海湾(高隆湾)及湾外的珊瑚岸礁,两侧与浅滩、近岸海滩及礁坪相邻,水域开阔。本文研究范围仅涉及以机械沉积作用为主的南、北两个海湾及通道,而不包括珊瑚岸礁沉积特征的讨论。

二、沉积物组分及含量分布

1. 陆源碎屑组分及自生矿物

清澜港及邻近海域表层沉积物的陆源碎屑组分主要是粉砂—中砂粒级的石英,次为

1) 其中的一半样品分析的原始数据由南海海洋研究所提供。

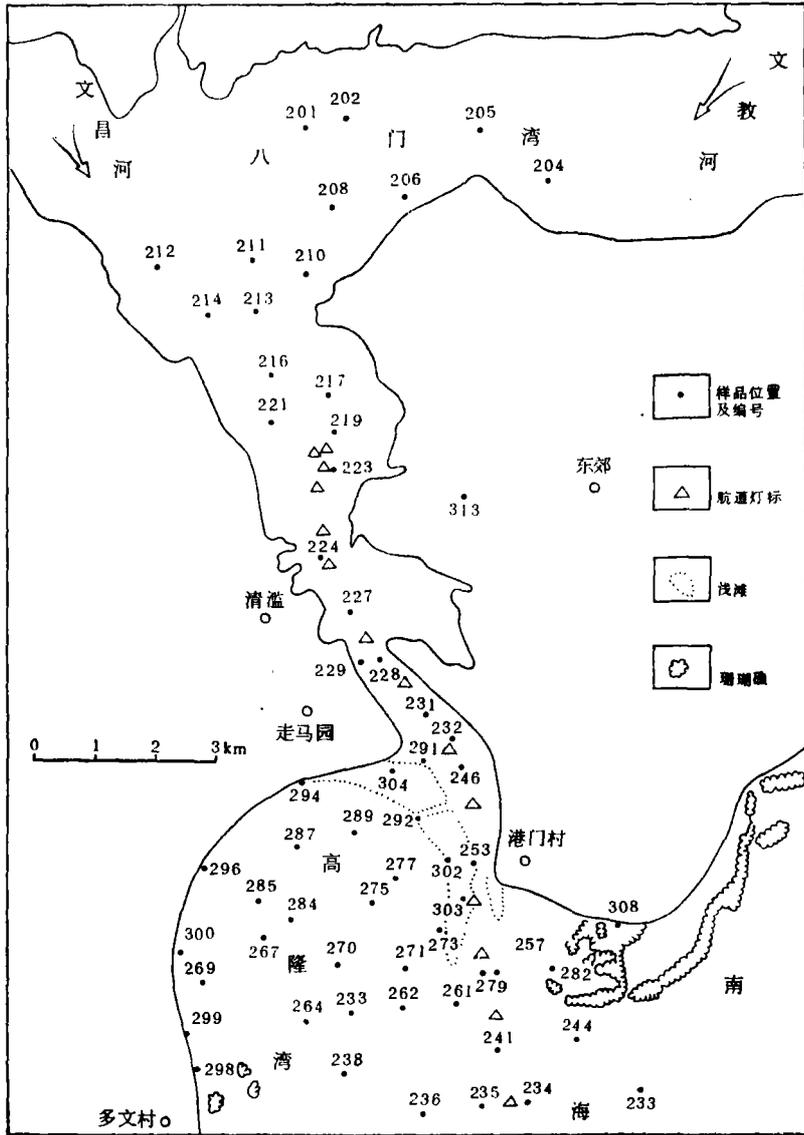


图1 海南岛清澜港及邻近海域表层沉积物采样位置略图

Fig. 1 Surface sediments sampling position of the Qinglan harbour and the adjacent sea domain

炭质硅质岩、泥质硅质岩、变质粉砂岩等岩石碎屑及黑云母。此外，尚含少量酸性斜长石、微斜长石、白云母及石英岩、脉石英、泥质岩、凝灰岩、火山岩等岩石碎屑。上述组分的次生变化主要表现为黑云母绿泥石化及水化，个别长石碳酸盐化及粘土化。碎屑组分含量变化较大，以石英及各类岩屑为最多。石英含量变化范围从仅含几颗到90%，各类岩屑从0—10%，但分布有一定规律。以石英为例，从北部八门湾向南通过北、南两段潮汐通道至水域开阔的高隆湾，石英含量渐次降低。而近岸海滩及南段潮汐通道两侧浅滩，石英含量介于上述两者之间。这些石英以形态多样、表面特征各异、沉积后作

用明显为特征。大致可分两种：一种形态较规则，其中部分含不透明包裹体，部分光洁，具不规则裂纹或刻蚀痕，部分颗粒再生长或被溶蚀呈圆滑边缘；另一种呈弧面棱角状或尖角状，表面光洁透明，少数具裂纹。石英的这些特征表明来自不同母岩。

自生矿物主要有绿泥石及海绿石，以前者为主。绿泥石含量从十余颗到数十颗，多属黑云母、泥质及粉砂质岩屑次生变化产物，个别不规则圆粒状绿泥石属沉积成因。在鉴定的砂薄片上，有三分之一以上的样品含海绿石，多数只有数颗。大小介于0.10—0.17 mm 之间，圆粒状，个别为不规则粒状碎屑海绿石，常见氧化铁由绿泥石及海绿石中析出。

2. 生物碎屑组分

生物碎屑组分主要为生物砂屑。通过颗粒外部形态和内部结构特征可鉴别这些砂屑由有孔虫、珊瑚、腕足、腹足，次为海棉、苔藓虫等破碎而成。见个体完整的生物介壳。矿物成分主要为晶粒大小不等、重结晶程度不同的方解石。少数生物砂屑和完整介壳被泥质、氧化铁及绿泥石充填。部分生物砂屑因方解石全部重结晶而不显生物结构，仅以外部形态与无机碳酸盐颗粒（内碎屑）相区别。不同沉积部位生物碎屑组分含量变化很大，从仅含个别颗粒到97%不等。但含量分布亦具规律性。如表1可见，生物碎屑含量从八门湾—北段潮汐通道—南段潮汐通道及高隆湾渐次增高，与石英含量呈互为消长关系。

表1 各种沉积环境石英和生物碎屑的平均%含量

Table 1 Mean percentage of quartz and biodebitus in different depositional environments

沉积环境	石英%含量	生物碎屑%含量	样品数
八 门 湾	82	3	4
北段潮汐通道	42	50	6
南段潮汐通道及高隆湾	27	68	13
浅 滩	69	25	5
近 岸 海 滩	48	49	6

3. 重矿物

清澜港及邻近海域表层沉积物的重矿物种类比较简单，且含量较低。主要有普通角闪石、电气石、锆石、赤铁矿、钛铁矿，其次是榍石、黑云母、磷灰石、绿帘石等。此外，尚有少量自然铜、菱铁矿、菱镁矿等自生矿物碎屑及褐铁矿。在上述矿物中，以电气石、钛铁矿等含量最高，半数以上样品含量超过10%，这两种高含量矿物和其它主要矿物分布于各个沉积部位。一些次要矿物含量虽少，但为一定的沉积环境所特有。例如，八门湾及与之联接的北段潮汐通道含少量自生黄铁矿；南段潮汐通道及高隆湾含自然铜、菱铁矿等自生矿物碎屑及榍石、金红石等。所有重矿物呈半圆或碎屑状。仅个别自生或次生矿物晶形比较完整。如锐钛矿呈四方双锥状颗粒，晶面横纹清晰；黄铁矿呈

表 2 清澜港及邻近海域表层沉积物重矿物种类及百分含量
Table 2 Heavy minerals and their percentage of surface sediments in the
Qinglan harbour and the adjacent sea domain

序号	矿物名称 含量	磁铁矿	石榴子石	普通角闪石	黑云母	电气石	赤铁矿	钛铁矿	褐铁矿	磷钇矿	铝石	绿帘石	黄铁矿	锆石	磷灰石	硅线石	黄玉	锐钛矿	金红石	菱铁矿	白云母	蓝晶石	自然铜	岩屑	生物碎屑	重百分含量
1	202	23.77		2.32		3.48	13.04		22.90					2.61	0.22						6.96			10.72	13.91	1.45
2	204			0.94		22.88	4.70	25.39	3.45			0.94	0.94	9.72			1.25					0.31		22.58		0.42
3	212	0.77		1.29		17.53	7.47	35.57	14.69	1.03		0.77	0.52	6.70										13.65		1.23
4	213			1.20		10.21	8.41	24.92	9.61	0.90		1.80	2.40	12.32										11.11	17.12	1.13
5	224	3.66	1.83	5.18		9.46	8.23	19.21	7.93		0.91	1.52		6.10	1.22			0.61			0.91			16.16	17.07	0.57
6	228	2.59	0.57	4.89		14.08	3.45	21.26			1.15	4.02		7.76						8.33				19.26	12.64	0.43
7	229	6.40		4.57	1.22	10.37	3.96	17.38	2.44	1.83	0.53	1.52	0.30	4.27	1.22						1.22		0.30	18.90	22.57	0.37
8	233		0.31	2.45	0.61	1.83	28.13	7.03				0.61		0.31					0.31		3.98	0.61		13.46	40.35	2.72
9	241		0.59	5.29	1.47	9.12		16.47	2.06		0.59	2.35		8.18	1.18									15.88	43.82	0.60
10	246			5.10	0.93	10.21	2.55	16.01	1.86		0.69	2.09		3.02									0.23	16.71	40.60	0.86
11	253			1.99		10.30	4.65	15.62		1.99	1.99	1.00		2.66					1.00	7.64			1.66	21.59	27.91	0.81
12	257			3.01		11.04	3.34	21.74			2.34	1.00		2.35	0.67				0.33	15.39			1.00	28.43	9.36	1.16
13	264			6.44	1.12	9.24	3.08	14.01			0.84	1.12		0.56	0.67	0.84			0.33	15.39		0.28	39.50	19.88	1.04	
14	279		0.71		2.13	7.12	4.27	38.79					1.07	7.47		2.14			0.36					25.62	10.32	2.32
15	285			6.71	3.35	9.76	4.88	13.72	5.18			0.91		2.13										35.98	17.38	0.05
16	289			3.38	4.62	1.69	2.46	8.31	4.31		1.54	1.85		0.62	0.61	0.61			1.54					32.00	26.46	0.16
17	296			5.67	5.07	8.36	2.09	4.48	2.99		1.19	1.49				0.60								34.33	33.73	0.09
18	299			4.62	6.65	6.65	1.73	3.76	2.31		0.58	1.73							0.58					29.77	38.44	0.13
19	301			1.46	5.33	7.02	0.97	2.18	0.48		1.21	0.97		0.48		0.97								31.96	45.28	0.18
20	308			5.71		13.14	0.86	3.71	4.29		1.71	0.86		0.29					0.57					29.71	39.15	0.58

结核状或放射状颗粒,自然铜呈片状等。重矿物含量分析结果表明,最高只有2.72%,最低0.05%,平均0.82%。大大低于珠江口岸段表层沉积物重矿物含量^[1]。在含量分布方面,从八门湾—北、南潮汐通道—高隆湾递减。八门湾一般>1% (如样品202、212、213等)、北段潮汐通道<1% (如样品224、229、241等)、高隆湾多数<0.05%。只有南段潮汐通道与高隆湾相邻的水域变宽个别地段有相对较高含量,约>2% (如样品279、233等)。重矿物种类及百分含量详见表2。

三、沉积结构及构造

1. 沉积结构^[2]

1) 累积曲线和概率图的形态分析 根据粒度分析所作的累积曲线表明,八门湾及北段潮汐通道曲线形态可归纳为两类:一为斜率变化不大,近于平直,但略具波状起伏的曲线,难以区分主要粒级分布范围和粗、细尾部线段。说明颗粒分选极差;另一类为近于‘S’形,主要粒级分布范围在2—4 ϕ 及1—3 ϕ ,线段斜率介于50°—75°之间。粗粒尾部线段短而平缓,拐点不明显;细粒尾部线段长,斜率大致为5°—15°,与主要粒级线段联接拐点较明显。说明颗粒分选性差—较差(图2)。南段潮汐通道及高隆湾,

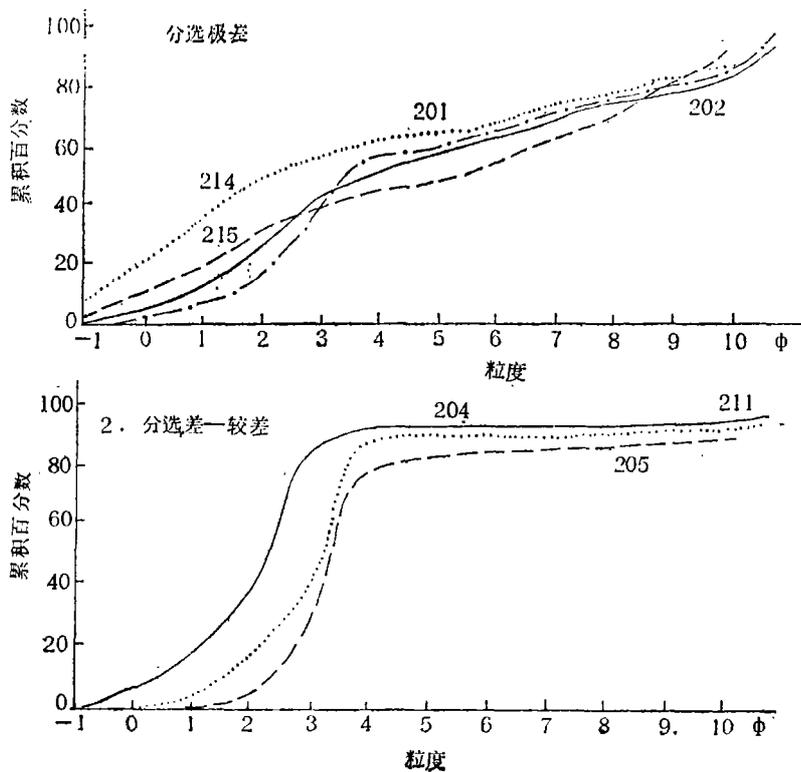


图2 八门湾及北段潮汐通道表层沉积物的两种累积曲线类型

Fig. 2 Two kinds of accumulated curves of surface sediments in Barmen Bay and the north tidal channel

累积曲线形态为简单‘S’形，主要粒级分布范围多数在 3—4 ϕ ，部分 2—4 ϕ ，只有个别为 1—4 ϕ 。斜率多数介于 75°—80°，部分较小的也有 65°—70°。粗细尾部线段比较对称，后者更为平直，拐点明显（图 3）。反映颗粒分选中等—较好。

选择不同沉积部位的 33 个样品绘制概率累积曲线看出，图形多由四线段组成。分别代表推移、双跃移和悬移组分（图 4）。就研究区海域总体而论，跃移组分占 71%、悬移组分占 18.1%、推移组分占 10.9%。不同沉积部位表层沉积物的各组分含量见表 3。表 3 表明，从北向南，自八门湾—潮汐通道—高隆湾，跃移组分含量明显增加，悬移组分迅速递减，推移组分含量虽有增加趋势，但含量变化规律不甚明显。在各种组分中，以跃移组分斜率较大，分选较好，其中又以南段潮汐通道、高隆湾及近岸海滩斜率最大、分选最好。在双线段的跃移组分中，反映潮汐及波浪的进流作用线段比反映退流作用线段斜率小，表示后者动力作用较强并有更好的分选程度。只有南段潮汐通道边侧部位例外，

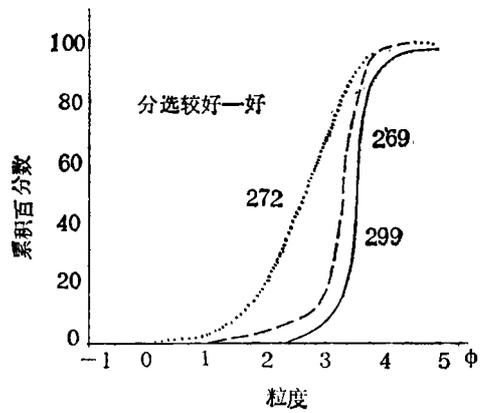


图 3 南段潮汐通道及高隆湾表层沉积物的累积曲线

Fig. 3 Accumulated curve of surface sediments in the south tidal channel and Gaolong Bay

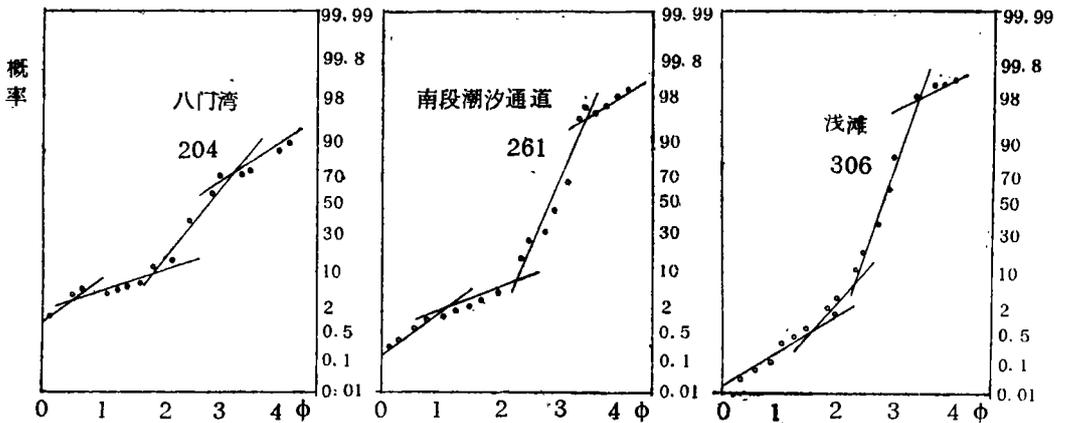


图 4 不同沉积环境表层沉积物的概率图

Fig. 4 Probability diagram of surface sediments in different depositional environments

这里进流线段斜率比退流高。悬移和推移组分分选较差，线段斜率在各种沉积部位的变化与跃移组分不同。八门湾和邻近高隆湾的近岸海滩，悬移和推移组分斜率高于北、南两段潮汐通道。各种环境下不同组分的粒度范围比较近似。推移组分下限粒径大致为 0.6 ϕ ，只有近岸海滩 ϕ 值较高，说明受风的作用，使推移组分下限粒度变细。悬移组分上限粒径位于 3 ϕ 附近，不同沉积部位变化不大。

表 3 不同搬运方式沉积物颗粒组分的百分含量

Table 3 Percentage of particle composition of sediments in different ways of transportation

沉 积 环 境	推移 组分 ^C	跃移 组分 ^A	悬移 组分 ^B	样 品 数
八 门 湾	7.5	52	40.5	6
北段潮汐通道	15.6	61	23.4	14
南段潮汐通道	6.3	91.5	2.2	9
高隆湾近岸海滩	9.3	88.5	2.2	4

• 平均值

2) 粒度参数 应用福克和沃德(1957)提出的粒度参数及其计算公式求出全部样品的粒度参数并取其平均值后可知, 清澜港及邻近海域表层沉积物的粒度成分主要是细砂和粗粉砂, 间有少量中、粗砂和个别细粉砂。未发现砾和泥级为主的样品。其中八门湾主要是粗粉砂, 间有中、细砂及细粉砂, $\bar{M}_z = 4.31\phi$ 。其它环境主要为细砂, $\bar{M}_z = 2.26 - 3.49\phi$ 。不同环境粒度递变沿两个方向作规律性分布: 一是由北到南, 从八门湾—北段潮汐通道—南段潮汐通道粒度由细到粗; 一是从近岸海滩—南段潮汐通道两侧浅滩—高隆湾, 粒度递变虽不十分明显, 但仍具有由粗到细的变化趋势。八门湾、北段潮汐通道和南部各沉积部位颗粒分选性明显不同, 两者 $\bar{\sigma}_1$ 平均值相差很大。前者分选很差, $\bar{\sigma}_1 = 2.44 - 2.69$; 后者较好—中等, $\bar{\sigma}_1 = 0.54 - 0.85$ 。偏态亦以此作截然区分, 前者 \bar{S}_{K_1} 为正值, 属正偏, 沉积物主要粒度分布为粗偏; 后者 \bar{S}_{K_1} 为负值, 负偏—近对称, 沉积物主要粒度分布为细偏或正态分布。峰态特点未见明显规律, 除潮汐通道属中等即正态外, 其余各沉积部位属窄—很窄峰态。

3) 圆度分析 选取不同沉积部位的细砂级石英分别作平均圆度测定结果表明, 各种环境石英颗粒的平均圆度 \bar{P}_o 的平均值非常近似, $\bar{P}_o = 0.83 - 0.86$, 只有潮汐通道略高, $\bar{P}_o = 1.05$ 。各种环境沉积物平均圆度的相似性指示它们具有相似的物源供应, 并经历较远距离的搬运和不同能量条件下的改造。

2. 沉积构造

清澜港及邻近海域表层沉积物的沉积构造主要见于南、北潮汐通道接合点附近, 并向高隆湾水域扩展的东、西两侧近岸浅滩。浅滩由潮汐和波浪作用建成。其中两侧浅滩位于南段潮汐通道与高隆湾之间, 建造较快, 向南不断扩展, 高潮亦不被淹没。浅滩上发育有平顶波纹、鱼鳞波纹、干涉波纹和低缓的波丘状新月形砂丘。后两者更能指示能量作用方向。干涉波纹指明两组波浪方向分别为 135° (东南向浪)和 215° (西南向浪)。低缓的波丘状新月形砂丘向东北方向呈弧形凸出, 以 $30 - 40^\circ$ 方位排列。指示波浪由西南向东北方向运动, 并受同向风的作用叠加。在连续分布的低缓波丘状新月形砂丘中,

迎风面及迎浪面被侵蚀成凹坑。凹坑内发育小型继续波纹，脊线方向各异，可有垂直、平行、斜交新月形弧顶的三种方向。此外，尚有不规则鱼鳞波纹，说明凹坑内有紊乱水流流动。背风面呈一丘状斜坡，表面平滑，无波纹叠加。这一沉积构造的意义在于指示风向和水流方向。

四、沉积特征、能量条件及物源分析

清澜港及邻近海域的沉积体系主要由具有河口湾性质的八门湾，有一定遮挡条件、侵蚀作用明显的高隆湾和联通两个海湾的潮汐通道及通道两侧的浅滩组成。这一环境体系的沉积特征存在一定共性。其物质组成均为陆源石英、黑云母和各类岩屑为主要成分的陆源矿物，并以不同含量与生物碎屑混合；重矿物种类简单，以电气石、钛铁矿、锆石和赤铁矿等为主的火成岩型矿物组合含量较低，并受到明显改造为特征；粒度成分为粒级接近的粗粉砂和细砂，细粉砂以下和粗砂以上粒级组成的沉积物极为少见；碎屑颗粒搬运方式均以跃移组分占优势，概率图反映为斜率较大的双线段。推移和悬移组分的下限粒径和上限粒径全区比较稳定；根据 \bar{K}_g 值计算结果，频率曲线多属窄峰态；以细砂级石英为代表的颗粒磨圆度大体相似，半棱角—半滚圆居多，测得平均圆度的平均值 \bar{P}_0 非常接近。以上所列共性，主要受区内河流、潮汐和波浪等能量作用长期处于相对稳定的动态平衡条件控制。沉积物的搬运和沉积以潮汐作用影响为主，河流对沉积物供应和波浪对沉积物的改造及其再分配起重要作用。阵发性的瞬间能量作用特征很少见到。物源供应对沉积特征的共性有一定影响。

不同能量作用相互消长和物源供应差异造成这一环境体系不同沉积部位具有不同的沉积特征。例如，八门湾沉积物主要由文昌河、文教河径流带入并受到由南向北潮汐进流顶托，使河流带出的陆源沉积物部分在湾内沉积，部分则由河流余流和潮汐回流通过潮汐通道带入高隆湾乃至珊瑚岸礁外面。湾内和潮汐通道北段能量较弱，沉积物以分选很差的陆源粗粉砂为主，仅掺和少量由潮汐进流末端带入少量海洋生物碎屑。这里悬移组分占有很大比例，几乎与跃移组分相当。重矿物含量偏高，并可见到反映还原环境的自生黄铁矿。南段潮汐通道和高隆湾附近，潮汐和波浪作用占有明显优势，能量大大高于八门湾水域。这里一方面对河流带出的陆源组分进一步改造和簸选，另一方面从外海带入大量海洋生物介壳、珊瑚礁破碎产物，及可能存在的少量‘残留沉积物¹⁾’物质组成和沉积结构发生明显变化。粒度成分以具有良好分选的细砂为主，物质组成以含大量海洋生物介壳或碎屑（简称盆内组分，下同）为特征。波浪和潮汐的簸选作用使悬移组分含量达到最小程度。重矿物含量也很低。为了探求陆源组分和盆内组分在沉积物组成上的量变关系，作者对分布于不同环境里的表层沉积物样品作了酸不溶物含量分析。分析结果表明，从八门湾—北潮汐通道—南潮汐通道及高隆湾，酸不溶物含量锐减。即八门湾酸不溶物含量为87.13%、北段潮汐通道为64.84%、南段潮汐通道及高隆湾为36.96%。如果以酸不溶物代表陆源碎屑和粘土，‘易溶物’代表盆内组分，所测数据

1) 晚更新世冰期陆相或滨海相沉积物，在冰后期于海洋深处残留下来并带进近岸处沉积。

与上述环境的石英和生物碎屑百分含量测定结论相吻合。这说明河流带出的陆源碎屑即使有波浪顶托, 水域变宽的南段潮汐通道和高隆湾亦不能造成陆源泥、砂的大量聚积, 只能导致陆源组分和盆内组分的混合堆积及个别部位重矿物含量偏高(个别 $> 2\%$)。其原因在于本区退潮回流速度大于涨潮进流速度(可以跃移组分双线段斜率比较作旁证), 波浪作用受到珊瑚岸礁阻挡而减弱了顶托能量。因此, 波浪和潮汐进流亦不能阻止一部分陆源碎屑继续向珊瑚岸礁外搬运, 造成陆源组分和盆内组分在不同环境内的一定比例混合, 导致物质供应和能量条件的动态平衡。所沉积的陆源碎屑也在波浪和潮汐中等一较强的能量作用下重新分配。港门村附近潮汐通道两侧浅滩和高隆湾近岸海滩是接受潮汐和波浪作用重新分配陆源碎屑的沉积体。浅滩沉积物的各种分析数据表明, 物质组成介于八门湾和南段潮汐通道及高隆湾之间, 但仍以陆源碎屑为主。这里原是南、北潮汐通道由窄变宽水域, 加之波浪顶托, 是陆源碎屑可能的大量聚集地。浅滩的形成并不断扩展是这一分析的依据。但由于浅滩干涉波纹所反映的东南、西南向波浪的改造和潮汐回流保持一定流速使两侧浅滩未能相互联接, 从而保持了潮汐通道与外海畅通。这里沉积物的沉积结构更接近于南段潮汐通道和高隆湾。至于高隆湾近岸海滩, 为侵蚀海岸。海滩不断向陆扩展。相邻陆地的海积平原为海湾沉积物提供了一个新的物源方向。

综上所述, 清澜港及邻近海域表层沉积物的沉积特征是河流、潮汐和波浪等能量综合作用的反映。对沉积物搬运和改造而言, 潮汐作用比之河流和波浪更为重要。物质来源主要由河流作用提供。根据轻、重矿物成分及结构分析, 其母岩当属火成岩及浅变质岩, 少数可能属火山岩及凝灰岩。这些陆源碎屑经历较远距离搬运和改造。近岸陆地部分海积平原及阶地的侵蚀作用亦为本区提供经历两次或多次改造的沉积物。少数物质可能是由潮汐和波浪作用从外海带进近岸地带沉积。而大量海洋生物介壳及碎屑应属盆内碎屑产物。

收稿日期 1985年12月31日

参 考 文 献

- [1] 朱素琳等, 1983, 海洋通报, 第2卷, 第1期, 22—29页。
- [2] 任明达, 王乃梁编, 1981, 现代沉积环境概论, 科学出版社, 8—26页。
- [3] 国家海洋局, 1975, 海洋调查规范, 18—26页。

DEPOSITIONAL FEATURES OF THE SURFACE SEDIMENTS OF THE QINLAN PORT, HAINAN ISLAND AND ITS ADJACENT

Liang Baihe Wu Huaxin Zhu Sulin

(Department of Geology, Zhongshan University)

Abstract

The Qinlan port, including its adjacent sea, is a complex depositional system, which consists of the southern and northern bays connected by tidal path, and the shallow beaches on both sides of the tidal path. The analysis of their surface sediments shows that the depositional features of the sediments are controlled by the energy conditions and material sources.

According to the sedimentological analysis, the authors recognize two kinds of depositional features from the environments mentioned above: (1), the Northern Bamen Bay and northern part of the tidal path represent one kind, in which the river process plays the main role but the tidal process takes some influences, too. Most of the sediments in this kind of environments are terrigenous debris with small amount of intrabasin organic fragments. The sorting is poor or very poor and the size ranges from coarse to fine; (2), The southern part of the tidal path and Gaolong Bay connecting with off-sea represent another kind of environments in which the tidal process plays the main role but the river process takes some influences. Its main sediments are intrabasin fine-size organic fragments, sorting well, with quantities of terrigenous debris. Various sedimentological data of quantitative analysis indicate that the depositional conditions in the shallow beaches on both sides of tidal path and the beaches with obvious erosion are in the medium state between the two kinds mentioned above.

Waxing and waning of the river process and tidal process in the two sedimentary environments which have different depositional conditions cause the debris to mix in different proportion and form the dynamic equilibrium of deposit supply and energy conditions, namely the dynamic equilibrium among transporting depositing and reforming of sediments. And this may be one of the important reasons that the adjacent sea of the Qinlan port and the tidal path may not accumulate in large amount of terrigenous debris.