

苏北琼港现代潮坪沉积*

张国栋 王益友 朱静昌 董荣鑫 吴萍

(同济大学, 上海)

对现代砂泥质潮坪研究, 不仅有益于弄清潮汐沉积作用, 而且为探讨古潮坪沉积, 寻找有关矿产提供依据。近年来我们对琼港潮坪调查研究表明, 该潮坪是以古长江和旧黄河组成的三角洲为基础, 并在两股强潮流以琼港为顶点辐聚辐散控制下所形成的滩面宽阔, 潮沟发育, 向海开敞的潮坪。本文着重探讨潮坪不同地貌单元沉积物的特点和相标志。不妥之处, 望祈指正。

一、影响潮坪发育的因素

该潮坪位于江苏北部沿海琼港附近岸滩上, 宽达15—27公里, 岸外有大面积的辐射沙洲(图1)。潮坪之大, 为我国之冠。潮坪的发育直接与水动力条件、物质供应和原地形坡度有关。

1. 水动力条件 潮汐作用是潮坪发育的主要因素。本区潮汐属规则半日潮, 平均潮差为3.73米, 最大潮差可达7.63米¹⁾。两股潮流即由东北向西南的旋转波潮流(亦称北潮)和从东南向西北的东海前进波潮流(亦称南潮)于琼港呈辐聚辐散, 使潮位与潮差在苏北沿岸为最高²⁾。涨潮流速大于落潮流速(两者比值为1.2), 北潮流速大于南潮流速, 落潮历时大于涨潮历时。在上述潮流作用下, 一方面可使汇聚在琼港湾顶潮流, 流速减缓, 有利于泥沙淤积外长, 形成宽缓的滩面。另一方面, 顺势两股潮流向, 日复两次涨退潮, 以琼港湾为顶点辐聚辐散, 对海底物质冲刷、搬运和堆积、使辐散状潮沟水系发育。

其次, 波浪对滩面的塑造和泥砂的掀动也起着重要作用。本区季风气候的特点使波浪受季风影响明显, 因而波浪的强度、方向与风的强度, 方向大致相对应(图1)。在7—8月台风季节, 形成的大波浪高达3.5米, 尤其台风与大潮汐相遇, 潮流推波助澜, 潮差与潮位猛增。因此, 常因一次台风过境, 大大地增强了波浪对滩面的侵蚀和淤积, 对潮沟迁移改道, 使潮坪滩面大为改观。

沿岸流, 根据漂流瓶试验³⁾和卫星照片观察, 苏北琼港受到南北两向沿岸流(北流较

*参加工作的还有海洋地质专业1978届学生朱伟林、郑祥民、单勇堂。

1) 国家海洋局: 1980年潮汐表。

2) 黄易畅、汤毓祥, 江苏沿海潮汐数值计算, 海洋研究, 1982. 2期。

3) 林锡藩等, 江苏近海1980—1981年表面水运动的基本趋势, 海洋研究, 1982年2期。

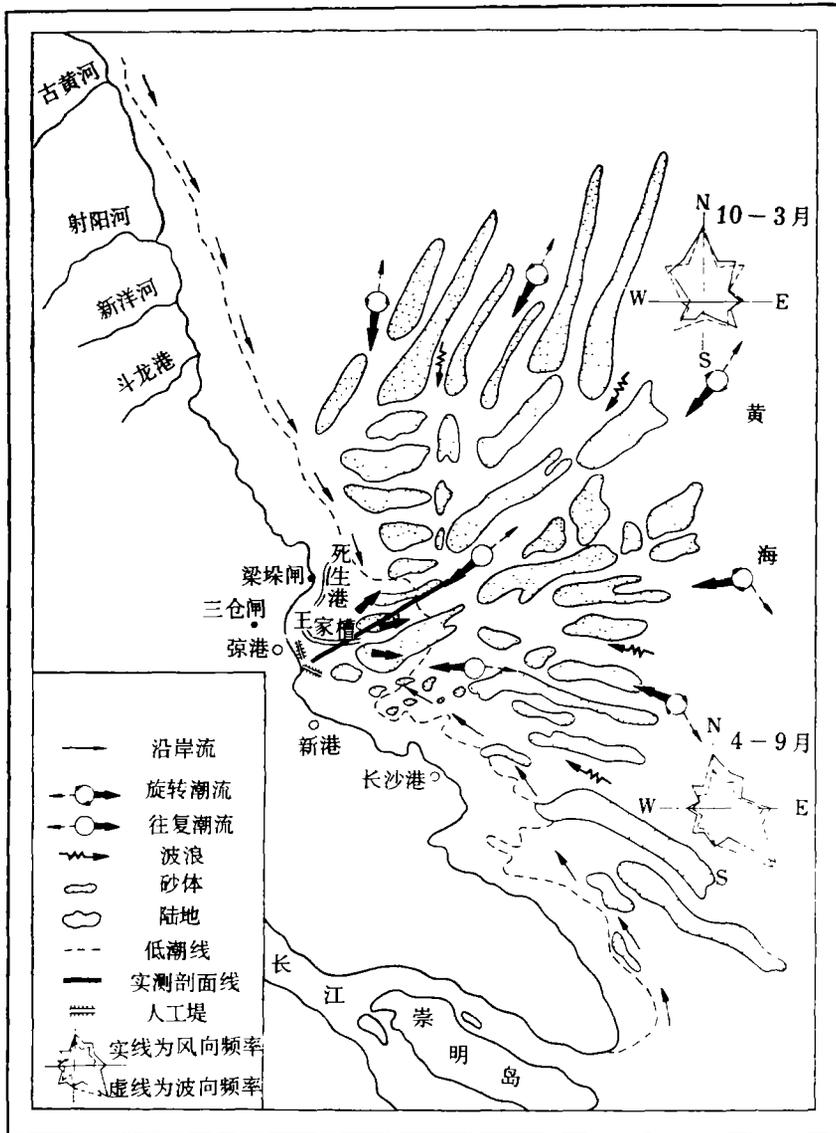


图1 琼港地区地理位置和水动力条件略图

Fig. 1 Geographical location of Jianggang and the sketch of hydraulic regime

强)汇集作用。这作用与两股潮流的辐聚作用相似,也直接影响到潮坪的发育。

2. 有丰富的古长江和旧黄河三角洲物质供应 据重矿物分析对比,发现潮坪区重矿物组合与现代长江口、旧黄河口区基本一致,但平均含量既不同于现代长江口,也不同于旧黄河口,属过渡性产物¹⁾。据汪品先等对南黄海有孔虫介形虫分析研究,因长江口、旧黄河口的纬度和环境不同,主要反映长江口含量较高的奈良小上口虫 *Epistominilla*

1) 陈穗田, 苏北辐射沙州重矿物分布特征及其地质意义, 江苏海岸带文集, 1982年。

naraensis 在旧黄河口区缺失；而旧黄河口区含量较高的球室刺房虫 *Shackoirella globosa* 在长江口区缺失。这里琼港区为介于上述两区间的潮坪，主要有孔虫为卷转虫 *Ammonia*，希望虫 *Elphidium*，九字虫 *Nonion* 组合，而奈良小上口虫仅在剖面 4 米以下沉积物中大量出现，球室刺房虫在 4 米以上有一定（破碎状）分布。另据国家海洋局第一海洋研究所对琼港附近及其南部两个钻孔样品分析^{1、2}，约在 20—25 米以上有孔虫、介形虫组合同现代长江口组合基本相似。可以推断，琼港地区 4—25 米沉积层，按有孔虫等组合，其环境类似于现代长江口，即琼港区原是古长江口所在。4 米以上，随长江口南移，黄河改道苏北入海，球室刺房虫碎片的出现，表示黄河口物质对本区开始大量供应。

作为潮坪基础的琼港辐射沙洲成因史，不少学者曾作过探讨，看来将如此大的辐射沙洲不能简单归结为南北两向不太强的沿岸流带来的物质辐聚辐散的结果，而应该认为，它主要是古长江和旧黄河复式水下三角洲物质演化的产物。1855 年以后黄河向北改道，古长江口不断南移，琼港地区在新的海岸动力之下，塑造出当前的琼港辐射沙洲形态。

琼港潮坪是在辐射沙洲的基础上形成的，物质来源主要取决于构成辐射沙洲本身的古长江、旧黄河三角洲物质，其次是两河河口移走后由沿岸流从南北两岸带来的物质。由于物质供应充分，潮坪沉积淤长速度较快，据岸线进退、高程变化推算^{3、4}，潮坪向海淤长 100—200 米/年，淤高 5—13.1 厘米/年。

3. 发育潮坪的基础是辐射沙洲组成的宽缓斜坡带 据航空测量和卫星照片所见，该沙洲是以琼港为中心，由密集的辐射状沙脊组成的宽达 100 多公里向海延伸的宽缓斜坡带（图 1），坡降 0.25‰ 促使潮水从外海大范围地向上漫溢式向外海下泻，流速从低潮线向高潮线大致呈线性衰减，变化稳定，往返性强，沉积物由潮下至潮上带逐渐变细，为发育成今日宽缓的潮坪（坡降 0.20‰）提供了有利条件。

二、潮坪沉积特征及各相带标志

由于潮坪各相带所处的水动力条件不同，故相应的沉积物结构、构造、生物组合、物质成分和地球化学特征均有明显差异。这些差异，与相应的潮坪向海前展的垂向剖面变化是一致的。通过对横向、垂向剖面的调查、微观分析，各相带的特征总结如下（图 2、3，表 1）。

1. 沉积物的结构特征

平均粒径（ $Mz\phi$ ），由潮下带至潮上带粒级逐渐变细，从细砂渐变为中—细粒砂质，而泥质物含量相对增高。表明依此方向水体动能的递减，并在“沉积滞后”效应（H. Postma, 1954）、“冲刷滞后”效应（Van Straaten, 1957）和“时速不对称性”（H. Postma, 1961）控制作用下，细粒泥质物得以停积。

1) 李文勤，对苏北辐射沙洲成因演变的初步探讨，海洋研究，1981 年 3 期。

2) 何浩明，江苏海岸地貌及海涂开发问题，1979 年。

3) 万延森、张其年，江苏辐射状沙脊群的泥沙运动与来源，海洋研究，1982，2 期。

4) 耿秀山等，苏北海岸带的演变过程及苏北浅滩动态模式的初步探讨，海洋研究，1981，3 期。

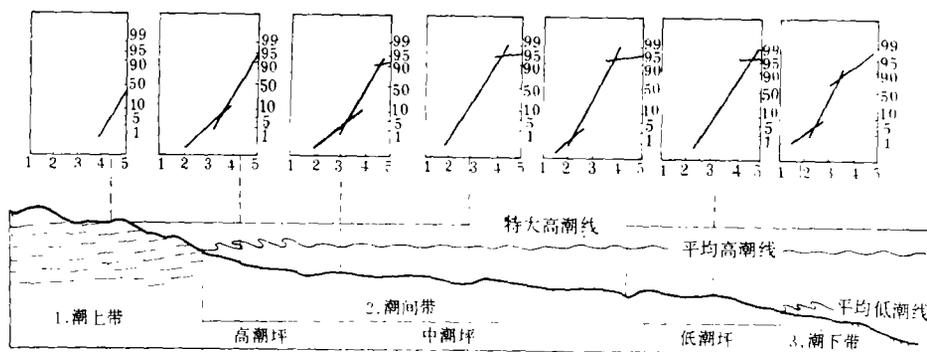


图2 琼港潮坪沉积相模式图

Fig. 2 Depositional model of Jianggang tidal flat

标准偏度 (σ_1), 从潮下带0.53逐渐变至潮上带0.91, 按R.L.Folk和W.C.Ward的衡量标准, 分选度由较好逐渐变为中等, 但潮间带的高潮坪比中潮坪分选略好, 这是由于后者受潮沟改造所致。由潮下至潮上带分选度逐渐变差的原因, 是由于潮坪下部的潮流、波浪作用较强, 呈底负载荷搬运为主, 潮上带则反映憩流期悬浮沉积为主。

偏度 (SK_1), 其变化规律是由潮下带+0.07变至潮上带+0.45, 唯在潮间带中部, 由于潮沟影响出现极小的-0.02负偏值。说明在潮坪上, 由于潮流作用细粒物质由潮下带向岸运移, 使沉积物向岸(即潮上带)逐渐变细, 粒度分布有细粒尾部, 为正偏度; 在潮下带, 由于潮流作用细粒组分也随着向岸运移, 而相对减少, 导致正偏度值较低。

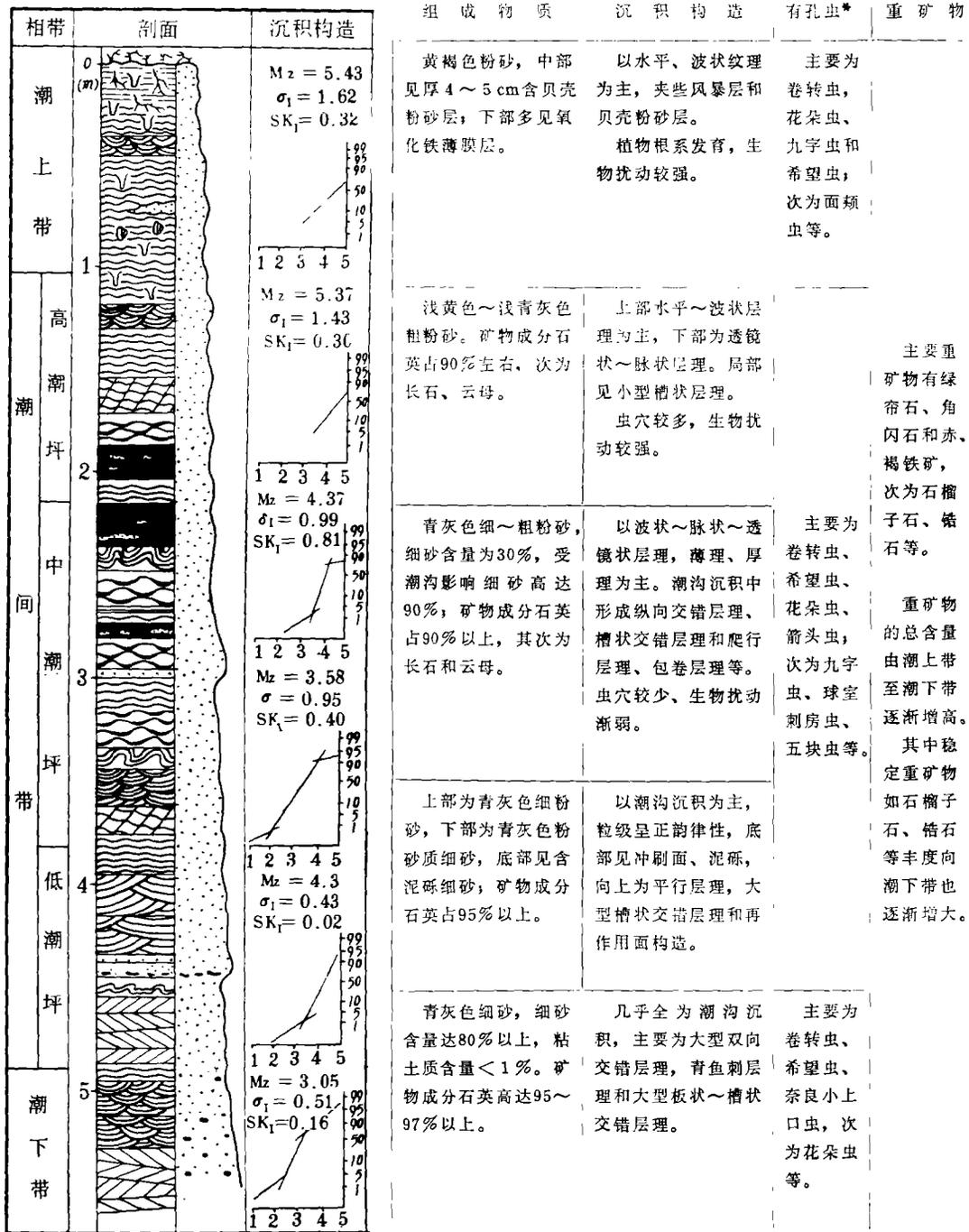
概率图解大体分三种类型: 一是三段型, 主体由双跳跃段构成, 且占优势的第二个跳跃组分段分选较好, 其次有一悬浮段, 这类曲线代表双向水流呈底负载荷搬运的特征。二是两段型, 由一个跳跃段和悬浮段构成, 有时也出现双跳跃段, 但第一跳跃组分含量仅占1%左右, 这类曲线接近河流定向水流搬运特点。三是单段型, 由于物质细, 全部呈悬浮沉积曲线特征(图2)。

本潮坪沉积结构与北海英国沃什湾、德国雅德湾及上海老港潮坪作简要比较(表2)如下: (1)潮上带与沃什湾相比, 本区潮上带明显粒级变粗。(2)高潮坪同雅德湾、沃什湾及上海潮坪相比, 本区为粗粉砂坪, 具粒级粗、分选好的特征。(3)中潮坪, 雅德湾和上海潮坪均为砂泥混合坪, 而琼港为细砂和粗粉砂的混合坪, 且分选较好。(4)低潮坪同沃什湾、雅德湾相比, 由于北海潮坪沉积物由海底冰碛、冰水物供给, 因而比本区具粒级较粗、分选较差的特点, 同上海低能潮坪相比, 本区潮坪由于能量较高, 而具有粒级粗、分选较好的特点。

2. 沉积构造特征

潮坪的沉积构造, 这里主要指波痕和层理, 其次为干涸、变形构造。生物扰动构造放在生物部分叙述。

潮上带, 因人工筑堤, 滩面保存不完整, 堤外仅出露2—4公里宽。该带只有大潮时才被短暂的海水淹没, 停积中-细粒粉砂为主的悬浮物质。主要沉积构造为水平纹理



* 有孔虫由闵秋宝同志指导参加本文工作的毕业生鉴定。

图 3 琼港潮坪垂向剖面特征

Fig. 3 Depositional characteristics in the vertical profile of the Jianggang tidal flat

表1 张家港潮坪各相带标志
Table 1 Marks of the individual subfacies in the Jianggang tidal flat

相带	2. 潮			带	3. 潮下带	
	高潮坪	中潮坪	低潮坪			
微地貌特征	1. 潮上带 坡面较潮上带变陡0.19%，邻接潮间带，受蚀有陡坎，有小潮沟发育。	2. 潮 高潮坪 坡度较平缓，0.14%，且滩面较高，小潮时常露于水面。潮沟发育。	带 中潮坪 坡度增大。0.17%，与潮下带处坡度变陡，潮沟发育对滩面纵切割较深。	3. 潮下带 坡度较潮间带变陡，纵横向潮沟发育，滩面一般不露出水面。		
沉积构造特征	潮面有泥裂、雨痕及生物爬迹。水平纹层，植物根系发育带切穿层理，生物扰动较强。	滩面见小型不对称浪成波痕、小型流水波痕及各种流痕、生物爬迹。水平纹层，波状层理、透镜状层理为主。	除见中潮坪波痕类型外，见大型波痕。大型双向交错层理、背鱼刺层理，再作面构造；板、槽状交错层理多见。	见大型砂波浪痕，与小波浪形成叠加波痕。大型双向交错层理、背鱼刺层理等为主。		
结构特征	平均粒径 Mz = 5.25 φ，4-6粉砂占89%，粘土7%，细砂。<0.5%分选最差。	Mz = 4.31 φ，4-6 φ 粉砂占80%，细砂占5%，粘土2%。	MZ = 4.06 φ，4-6 φ 粉砂占40%，细砂达55%；粘土<1%。	MZ = 3.28 φ，细砂达80%以上，无粘土。		
	分选性 $\delta_1 = 0.91$ SK ₁ = 0.45	$\delta_1 = 0.69$ SK ₁ = 0.17	$\delta_1 = 0.79$ SK ₁ = 0.02	$\delta_1 = 0.57$ SK ₁ = 0.09	$\delta_1 = 0.53$ SK ₁ = 0.07	分选最好
矿物特征	长石、石英和片状矿物为主，成熟度低。 潮上带与潮间带之高、中、低潮坪的重矿物组合基本相同，主要为绿帘石、角闪石、赤褐铁矿、次为柎榴石、钴石和钛铁矿。从潮上至潮间带各部分含量逐渐增加，依次为0.15%、0.21%、0.27%、0.30%。 主要为水之母，其次为绿帘石、高岭石和蒙脱石，其含量是潮上带最高，依次为高、中潮坪，矿物成分反映与物源有关。	石英90%，次为长石及其它矿物。	石英85%以上，次为长石及其它矿物。	石英占95%以上，成熟度高。	石英占95%以上，成熟度高。主要有绿帘石、角闪石、柎榴石，总量达0.35%。	
生物分布	喜盐生植物，盐蒿、双色补血草、白茅、芦苇等，动物伍氏厚蟹 泥螺、蛞蝓、文蛤、四角蛤蜊，招潮蟹、日本大眼蟹等 卷转虫、花朵虫、九字虫、希望虫。 钙质瓷球等	泥螺、蛞蝓、文蛤、四角蛤蜊，招潮蟹、日本大眼蟹等 种类同潮上带，面颊虫增多。抱球虫出现。	除高潮坪动物外，出现大竹蛞、玉螺、海豆芽、星虫状海葵。 卷转虫、花朵虫、希望虫、面颊虫为主，次有九字虫、抱球虫、五快虫。	除中潮坪动物外，出现红线黎明蟹、豆形拳蟹、变态蟹、尾白螺和虾蛄等。 种带与中潮坪同，但数量增加。	同低潮坪比，浮游动物增多。 低栖生物有孔虫仍大量出现并见多量的浮游有孔虫。	

*，孟凡等，江苏海岸带水域浮游动物的种类组成和数量分布，海洋研究，1982年2期

(图版 I, 1) 泥裂和雨痕等,在特大风暴潮作用下可形成许多风暴粉砂层,厚约 3—5 厘米不等,层内局部见贝壳层分布;另见氧化铁膜围绕植物根系形成的“管状构造”。

表 2 琼港潮坪与其它潮坪沉积结构对比表

Table 2 Comparison of the depositional structure in the Jianggang tidal flat with that in other tidal flats

相带	结构特征	中砂 (%)		粉砂 (%)			泥 (%)		Mz	δ ₁	SK ₁	物质来源
		2.2	3.22	粗—中粉砂	4.32	5.65	6.74	5.8				
潮上带	琼港区	0.5		8.95	3.00		7.00		5.25	0.91	-0.45	古长江旧黄河
	英国沃什湾	4.71		52.58			41.86		6.70			北海海底冰碛
高潮坪	琼港区	5.0		80.00	13.00		2.00		4.31	0.69	+0.17	古长江旧黄河
	英国沃什湾	36.71		47.00			16.20		4.51			北海海底冰碛、冰水物
	德国雅德湾	4.8		11.70	7.82		5.30					
	上海老港	0.33		52.09	23.35		23.03		6.79	2.15	+0.61	现代长江口
中潮坪	琼港区	30.00		60.00	9.50		0.50		4.06	0.79	-0.01	古长江旧黄河
	英国沃什湾											北海海底冰碛、冰水物
	德国雅德湾	少量	23.10	41.5	10.30		25.10					
	上海老港	0.48		66.79	15.04		17.69		6.06	1.96	+0.49	现代长江口
低潮坪	琼港区	55.00		40.00	4.00		<1		3.71	0.57	+0.09	古长江、旧黄河
	英国沃什湾	88.02		6.12			4.60		3.08	0.53	+0.40	北海海底冰碛、冰水物
	德国雅德湾	少量	76.80	16.40	0.7		3.80					
	上海老港	0.06	10.03	79.03	5.74		4.14		4.76	0.91	+0.36	现代长江口

潮间带,根据对应潮线高中低位置,又可分为高潮坪、中潮坪和低潮坪。(1)高潮坪,仅在高潮时才被淹没水下,并停积悬浮的中—粗粉砂物质为主。在滩面上浅水条件下,主要形成小型不对称的浪成波痕,小型流水波痕和各种小型干扰波痕。在垂向剖面上部为水平纹理、波状水平纹理,下部为透镜状层理。(2)中潮坪,滩面宽达10公里以上,约有一半时间淹没水下,与高潮坪相比,水体渐深流速增大。主要波痕类型基本相同于高潮坪,只是不对称的浪成波痕规模略增大,弯曲-链状流水波痕增多,在微地形起伏下,水流方向多变,形成的各种干扰波痕尤为丰富(图版 I, 2, 4, 6—8)。随着水体加深,底负载荷与悬浮载荷的沉积难分主次,形成一系列具潮汐韵律的透镜状-波状-脉状层理(图版 I, 3、4)和薄互层理(图版 I, 9)。风暴潮形成厚互层理以及小型双向砂波纹层理。(3)低潮坪,约一半以上时间淹于水下,与中潮坪相比,不但潮流流速大而且波浪影响也大,使沉积物呈底负载荷搬运为主。滩面除出现各种小型波痕外,还出现大型砂波波痕、流水波痕。这种大型波痕,因易受到表面再加工作用,多

保存不完整,常在它之上被小型波痕所叠加。与底形相对应,除见小型砂波纹层理外,常出现大型双向交错层理、青鱼刺层理和再作用面构造。

潮下带 同低潮坪相比,滩面始终淹没水下,在水深流急浪大的情况下,此带多形成大型砂波波痕,与其相对应的层理为大型双向交错层理、青鱼刺层理等。

琼港潮坪的沉积构造序列,同G.D.Klein研究的北海潮坪提出的沉积构造序列相似,只是厚互层理较为常见。所谓厚互层理,它是由下部细沙层(厚1.5—5厘米)与上部粉砂层(厚2—5厘米)构成的层组,在潮上带至中潮坪均常见,中潮坪之下由于潮沟强烈影响难于辨认。层组内粒级下粗上细,相差悬殊,每层组底部常呈冲刷或突变接触,多夹于正常潮坪沉积之中,以粒级较粗偶含较大的贝壳显现出与上下层能量不协调。对厚互层理成因,作者认为在台风、大潮同时发生时,正常水体即进入高能期,巨大风浪掀动的泥砂使水中悬浮量猛增(沿岸水体可达1203.4毫克/升)¹⁾,在向岸风影响下堆积的结果。同上海潮坪相比²⁾,本区发育的青鱼刺层理和B-C层理(K.D.Klein)在上海潮坪少见,说明本区潮汐能量远大于上海潮坪的能量。

3.生物分布特征

各相带生物分布与组合,是从潮上至潮下带生物种属逐渐增多,生物扰动随向潮下带堆积与侵蚀作用加强而逐渐减弱(图4,表1)。

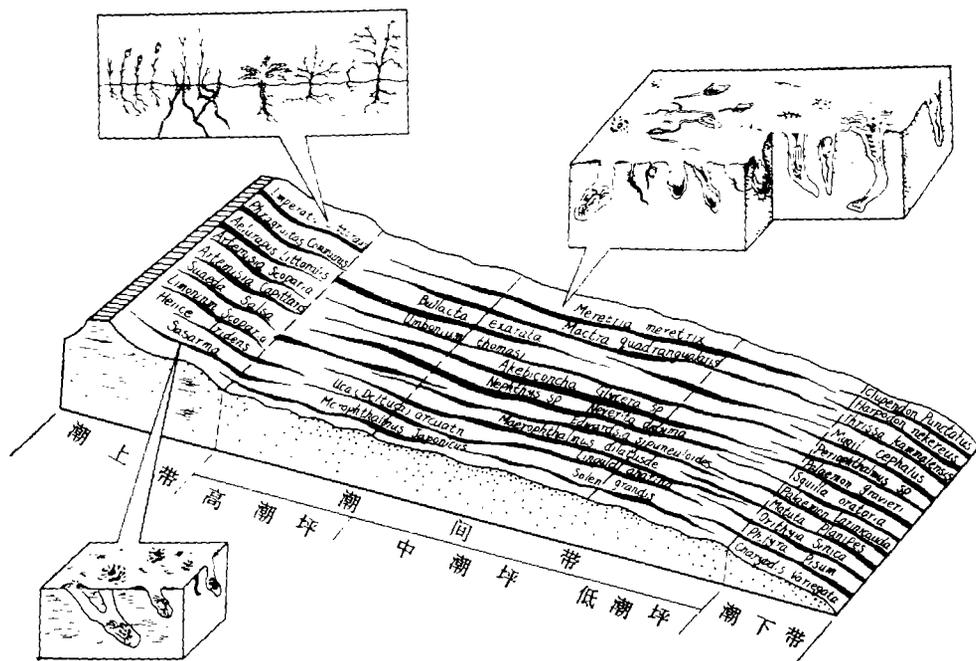


图4 琼港潮坪动植物分布图

Fig. 4 Distributional map of flora and fauna in the Jiagang tidal flat

1) 张其年, 苏北浅滩夏季悬浮体分布特征, 海洋研究, 1981年3期。

2) 邵虚生, 上海潮坪沉积, 1981年(以下同)。

潮上带 植物丛生, 主要为喜盐类植物: 白茅 (*Imperata Cylindrica* Var *Major*)、獐毛草 (*Alecarpus Littoralis* Var *Sinensis*)、盐地碱蓬 (*Suaeda Salsa*)、猪毛蒿 (*Artemisia Scaparia*) 等。其次为甲壳纲动物蟹类。植物根系发育, 常切穿并破坏层理; 蟹类善于掘穴扰动沉积物。有孔虫主要为半咸水属种, 但也有较多的代表淡化水的钙质瓷球。

潮间带 由高潮坪至低潮坪, (1)高潮坪, 动物的种属较潮上带增多, 主要有腹足类泥螺 (*Bullecta exarta philippi*), 蛞蝓 (*Umbonium thomasi*); 瓣鳃类文蛤 (*Meretrix meretrix*), 四角蛤蜊 (*Macra Quadrangularis deshayes*); 蠕虫动物齿吻沙蚕 (*Nephtys*) 及甲壳纲招潮蟹类 (*Deltuca arcuata*)。它们在滩面上爬动留下各种形式痕迹 (图版 I, 1、2), 它们的掘穴、扰动形成各种类形的生物构造。(2)中潮坪, 动物的种属更加丰富, 如较底部位出现腕足类海豆芽 (*Lingula anatina Bouguiere*); 珊瑚类的星虫状海葵 (*Edwardsia Sipuncuoides Simpson*) 等。它们对滩面的掘穴和扰动减弱, 有孔虫浮游类增多。(3)低潮坪, 除中潮坪动物延续活动外, 还出现新种属红线黎明蟹 (*Matuta Planipes*)、豆形拳蟹 (*Philgna Pisum*)、变态蜉蟹 (*Charybdis Variegata*)、脊尾白虾 (*Palaemon Larinicauda*)、虾蛄 (*Squilla Oratoria*) 等, 由于水动力的掀砂搬运能力较强, 使生物仅在表层作微弱活动。

潮下带 不但底栖生物种属增多, 而且浮游生物种属数量也增多。如有孔虫中浮游性抱球虫大于 9%。生物扰动比潮上带、潮间带显著减弱。

4. 矿物成分和地球化学特征

本区各相带轻重矿物成分的含量变化 (表 I), 取决于水动能条件。由潮下至潮上带随水动能递减, 矿物成熟度逐渐降低, 轻矿物由石英为主逐渐变为石英、长石、云母矿物为主。重矿物的总量及石榴石、锆石等稳定矿物的丰度也随水动能降低而减少。粘土矿物在水动能条件较弱的潮上带得以富集。

粘土矿物中微量元素 (B、Ga、Sr、Ba、V、Ni) 含量及有关比值表明, 各相带的盐度变化由潮上至潮下带逐渐增高, 这同底质水含盐度的结论是一致的。

三、潮沟沉积及对潮坪沉积的影响

本区潮沟相当发育。潮沟类型, 主要是以琼港为中心的辐射状潮沟, 及在辐射状潮沟间的斜向相接或沟通前者的横向潮沟, 两者纵横交错, 相互切割, 组成本区潮沟分布的基本格局。潮沟对滩面不仅是强烈的侵蚀, 又是输砂的通道, 因此对潮坪的沉积改造和影响甚大。

1. 本区潮沟规模较大, 横向迁移快, 堆积迅速, 并具有游荡性特点, 对滩面改造影响范围广。

据东台县水利局测制的资料表明, 死生港潮沟, 自1949年以来潮沟不断向西北方向迁移, 平均迁移速度为230米/年, 1979年底到1980年底迁移速度为800米。王家槽潮沟, 1979年4月在该潮沟西岸建一纳潮站, 当时该站位于离沟300米的岸台上, 1980年5月, 西岸已被强烈侵蚀, 现在该站已处于离岸100多米的潮沟中, 说明潮沟的迁移速度为130

—140米/年。因此，潮沟大幅度的横向迁移和快速堆积，使潮沟沉积层广泛镶嵌于潮坪沉积层中，从而对潮坪沉积物进行改造。

本区促使潮沟横向迁移，频繁摆动的主要因素是风暴潮，在风暴潮期间流急水深，弯曲的潮沟不适应风暴潮的来势，易使潮沟裁弯、拓宽和改道。风暴潮同时提高波能，增强了潮沟侧向加积和对滩面的侵蚀能力。因此，这种灾变性的堆积，比正常情况下的堆积更易埋藏保存，这是造成潮沟沉积层更为广泛的另一原因。识别潮沟沉积物，对寻找古代潮汐沉积也许更显得重要。

2. 潮沟沉积物的特点(图5)和对潮坪沉积物的改造

为研究潮沟沉积物的结构，我们对比了潮下至潮上带大潮沟沟底沉积物粒度变化，也观察了同一潮沟横向剖面中沉积物的变化(表3)。可知潮沟近距离内(约1公里)粒度结构变化程度，近于整个潮间带(宽22公里)粒度结构变化程度。潮沟沉积物的分选程度，超过潮间带的分选程度。可见本区潮沟对潮坪沉积结构的改造程度是很强的。

表3 潮沟与潮间带结构变化对比¹⁾

Table 3 Contrast of the structural variation between tidal channel and intertidal zone.

相带 粒度 与参数	潮 沟 (宽1公里)		潮 间 带 (宽22公里)		
	沟	底 边 滩	高 潮 坪	中 潮 坪	低 潮 坪
沉积物类型	细 砂	细砂质粉砂	粗 粉 砂	细砂质粉砂	粉砂质细砂
细砂含量(%)	84.74	38.02	5	30	55
粉砂含量(%)	10.96	61.06	93	69	44
混含量(%)	3.34	0.93	2	1	<1
Mz(ϕ)	3.31	3.97	4.31	4.06	3.71
σ_1	0.86	0.68	0.69	0.79	0.57

潮沟沉积物的概率曲线可归纳三种类型(图5)。1.四段型，主体由双跳跃组份段构成，其次有含量较少的滚动段和含量(20%)悬浮段，它代表受双向水流作用的沟底沉积物特点。2.三段型，较前一种类型粒级变细，缺少滚动组份，双跳跃段中第二组份占绝对优势，表明它虽受两向水流影响，但接近河流定向水流特点。3.单段型，均为悬浮段，代表边滩顶部沉积性质。上述潮沟典型段落由下而上变化类型与潮坪沉积物的曲线类型显然不同。

潮沟典型段落的沉积构造(图5)，从沟底向侧翼边滩，依次出现反砂丘波痕、舌状-链状波痕和直线脊波痕(图版I,5)。与波痕大致相对应，底部具冲刷面和滞留物沉积，向上除出现平行层理、板状-槽状交错层理外，还出现纵向交错层理、青鱼刺层

1) 部分数据参照陈义华“苏北中部琼港岸滩潮坪沉积”，1981年。

理和双向交错层理等潮汐作用层理（图版Ⅰ，2、5、6—8）。至中上部出现爬升层理、波状层理，并见揉皱构造和滑陷构造等。这与潮坪沉积构造序列也不相同。

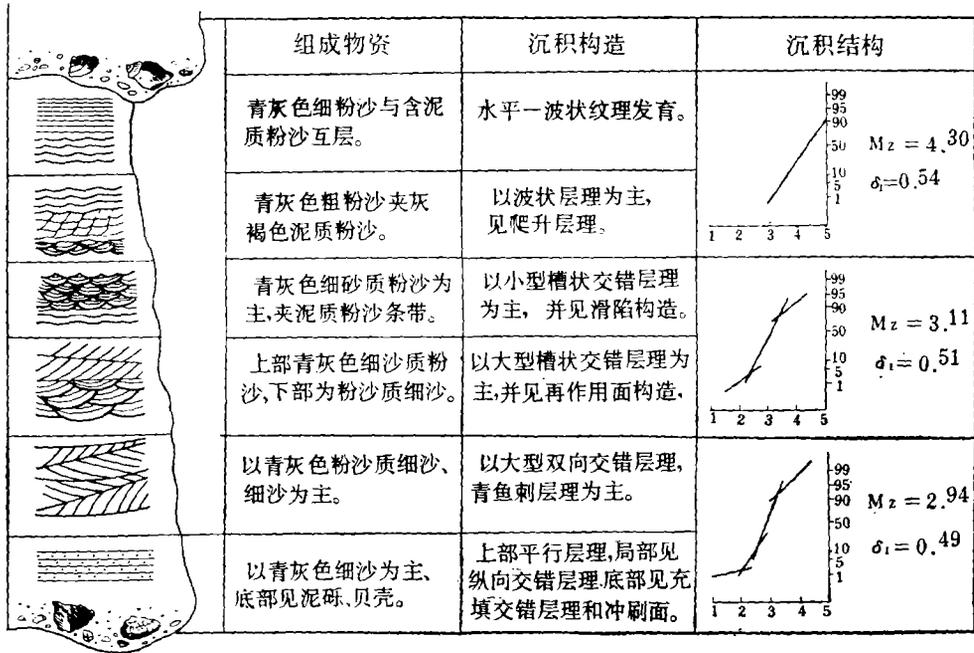


图5 潮沟垂向沉积特征

Fig. 5 Vertical depositional characteristics of tidal channels

3.从潮沟沉积物在潮坪垂向剖面中占据的比例相当高来看，也说明潮沟对潮坪沉积物改造甚大（图3）。

在垂向剖面中，依据侵蚀和冲刷面的存在，底部滞留物泥砾、贝壳的大量出现，典型的上述构造序列和微弱的生物扰动、浮游生物含量的剧增，以及沉积物粒级下粗上细的韵律性等表明，不但高潮坪以下约60—80%沉积物受到潮沟的改造，而且潮上带也受到潮沟的影响。同北海潮坪（潮沟横向迁移速度20—100米/年，在68年期间约58%，沉积物受到潮沟的改造）对比，本区潮坪受潮沟改造影响远超过北海潮坪。

工作中得到江苏643物探队大力协助、安徽石油处实验室、江苏石油大队实验室分析了有关样品，一并致以谢意。

（收稿日期：1982年9月27日）

参 考 文 献

[1] 刘宝珺主编，1980，沉积岩石学，地质出版社，397—436。
 [2] 周长振等，1981，苏北浅滩的成因，海洋地质研究，1卷1期，83—91。
 [3] 李成治等，1981，苏北沿海暗沙成因的研究，海洋与湖沼，12卷4期，321—331。
 [4] 朱大奎等，1982，江苏中部海岸发育和开发利用问题，南京大学学报（自然科学），第3期。

- [5] Klein, G. D; 1977, *Clastic Tidal Facies*, Continuing Education Publication Company, Champaign, Illinois.
- [6] Reineck, H. E; 1975, *German North Sea Tidal Flats*, *Tidal Deposits* ed. by Ginsburg, 5—12.
- [7] Evans, G; 1965, *Intertidal Flat Sediments and Their Environments of Deposition in the Wash*, *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, 121(482), 241—309.
- [8] Reineck, H. E and Singn, I.B; 1980, *Depositional Sedimentary Environments*, Second Revised and Updated Edition, New York, Springer, 430—455.
- [9] Folk, R. L and Ward, W. C; 1957, *Brazos River Bar: A Study in the Signification of Grain Size Parameters*, *Jour. Sedim. Petrol.* 27. 3—27.

MODERN TIDAL FLAT SEDIMENTATION IN JIANGGANG, NORTH JIANGSU

Zhang Guodong (张国栋) Wang Yiyou (王益友)

Zhu Jingchang (朱静昌) Dong Rongxin (董荣鑫) Wu Ping (吴萍)

(Tongji University)

Abstract

Field investigation and laboratory analysis have shown that the Jianggang tidal flat has developed its own characteristic features neither similar to North Sea tidal flat nor to Shanghai tidal flat due to its unique geographical position, hydraulic regime as well as the local sediments available.

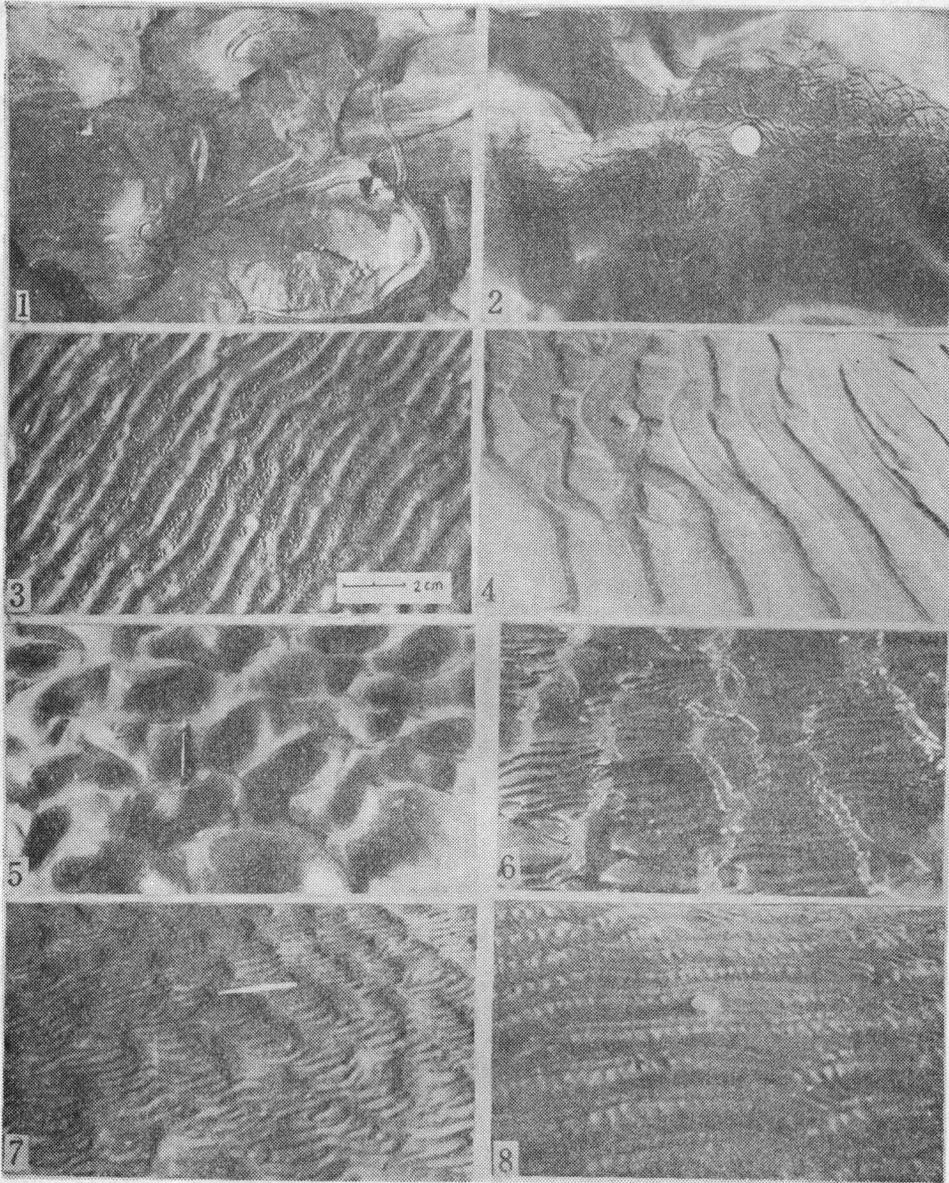
1. Jianggang tidal flat is a non-barred open sea tidal flat with large tidal range and rather gentle-sloping surface (slope = 0.20‰). The main causal factors which control its development are two strong tidal currents, i.e., the southwestly-moving tidal current of Yellow Sea revolving wave and the northwestly-moving tidal current of East China Sea translational wave, which converge and diverge with Jianggang as their center. The Jianggang tidal flat located at Changjiang River Mouth developed and superimposed upon the ancient sand shoale reworked from the submerged pre-existing Changjiang Delta and its constitutional materials were derived from the ancient Changjiang River and Yellow River fluvial sediments. Now the Jianggang tidal flat is prograding seaward at a rate of 100—200 meters annually, while its aggradational rate is about 5—7 centimeters per year.

2. Topography of the tidal flat governs the frequency, water depth and duration of the time so it can also govern the physical environment of the individual subfacies. With the decrease of the flow velocity and energy from subtidal to supratidal area, grain size gradually changes from fine sand in subtidal zone to medium-fine silt in supratidal zone with a concomitant increase in mud content and deterioration in sorting; the stratification types change, in the same trend, from large-scale bidirectional cross-stratification, herringbone stratification and reactivation

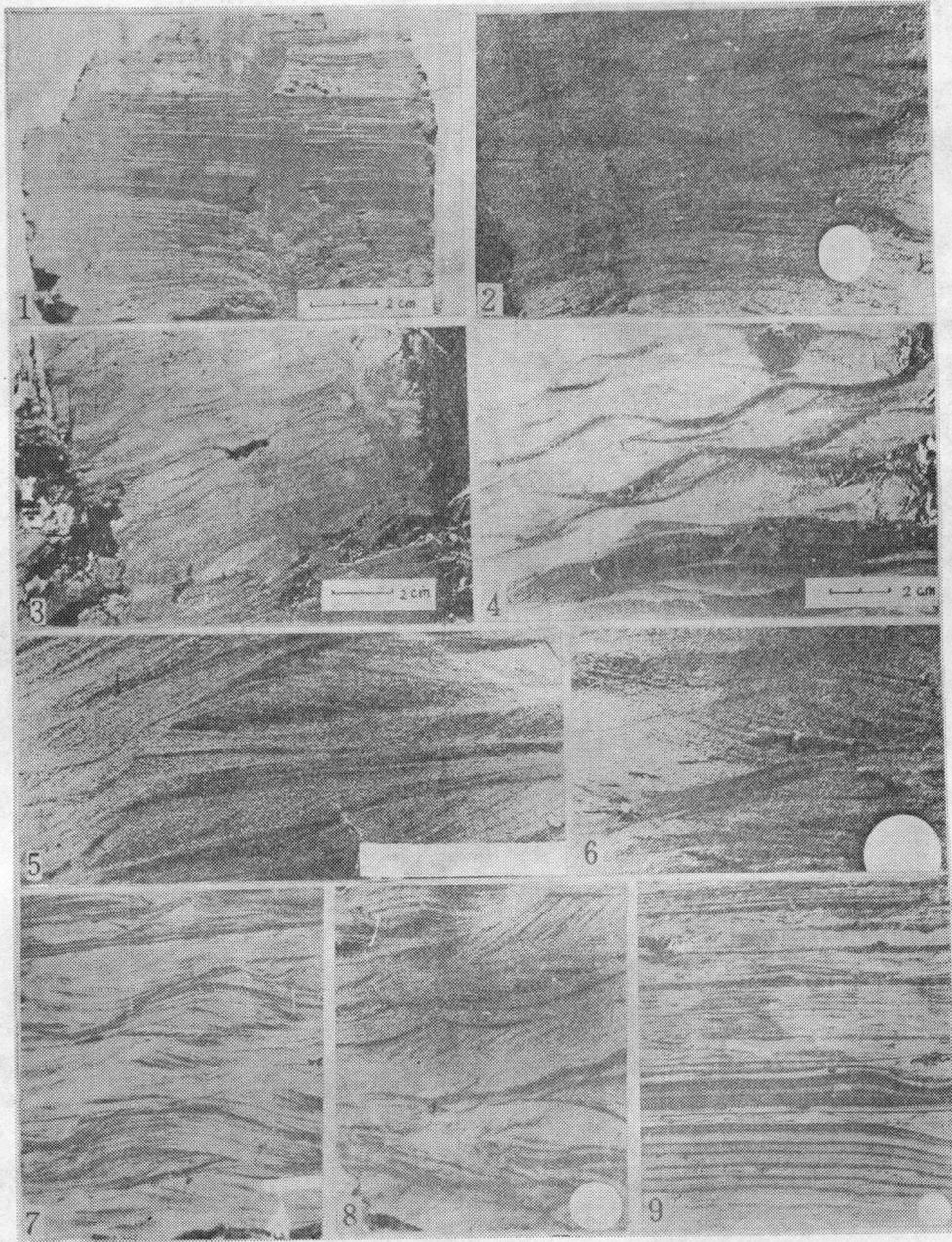
surface through small-scale ripple-lamination, wavy-flaser-lenticular stratification and interlayered (sand/mud or sand/silt) stratification and ultimately to parallel-lamination in supratidal zone; marine fauna generally increases in amount from supra-to, subtidal zone, while the biodisturbance gradually decreases seaward as both deposition and erosion intensify toward subtidal area. In addition, from supra-to sub-tidal area, as water energy increase, the maturity of mineral composition enhances in contrast to a relative concentration of clay minerals in supratidal area where hydrodynamic comparatively quiet.

3. Tidal channels are well-developed in the Jianggang tidal flat, which are characterized with relatively large scale, intensified scouring and rapid lateral migration. Vertical profile analysis has shown that about 60—80% of the deposits below middle tidal flat is subject to more or less tidal channel reworking. The typical tidal channel deposits show the following features: 1) upward-fining variation is quite clear; 2) bi-saltation population, (reflecting the bidirectional nature of formational agents(flow),) in probability graph is common; 3) from bottom upward, the following stratifications occur successively, lag deposits and scour-and-fill structure, longitudinal cross-stratification, bidirectional oriented cross-stratification, herringbone stratification, etc. These features, together with its dominant marine or transitional between terrigenous and shallow marine fauna constitution, can easily distinguish the tidal channel deposits from those of fluvial facies.

4. Sand layers coarser than under-and overlying sediments are frequently found intercalated in the tidal flat deposits, showing hydrodynamically disharmony. These interstratified sand layers vary from 5 to 10 centimeters in thickness, contain shells or other coarse organic fragments and have a scoured or sharp-contacted basal boundary and a sharp or gradational top surface. Produced by unusual storm tidal action, these sand layers are the relatively important deposits in the tidal flat and have relative high accumulation and preservation potential due to the episodic nature of their formation.



1. 腹足类爬迹，右部该生物正在爬动，琼港高潮坪 2. 生物爬迹，为生物觅食所移动的痕迹，琼港高潮坪 3. 小型不对称浪成波痕，波脊受修饰圆化，散乱的泥球为生物的挖掘物，受水搬运富集的结果，琼港中潮坪 4. 纵向波痕，在形成浪成波痕同时，受平行波脊的弱水流作用修饰而成，琼港中潮坪 5. 小型舌状波痕，常在潮沟定向流水作用下形成，琼港中潮坪小潮沟 6. 受干扰的小型舌状波痕，它是在舌状波痕之上，受互相平行但垂直于上述波痕的小型波痕叠加而成，琼港中潮坪 7. 瓦片状小型干扰波痕，由两个不同方向的小型流水波痕和浪成波痕相互干扰叠加形成，琼港中潮坪 8. 麦穗状小型干扰波痕，系水位变化形成的双脊浪成波痕，又被近于直交的小型波痕干扰叠加造成，琼港中潮坪



1. 水平纹理，局部为虫穴构造所破坏，弼港潮上带 2. 青鱼刺层理（左侧中下部），它是由相邻层中具有方向相反的前积纹层组成，弼港低潮坪 3. 透镜状层理，沙呈不连续的透镜体，它是泥比沙更易于沉积或保存条件下形成的，弼港高潮坪 4. 脉状一波状层理，脉状层理（位于上部）形成于沙比泥更易沉积或保存条件之下；波状层理（下部）是介于透镜状-脉状层理之间的过渡类型，弼港中潮坪 5. 再作用面构造（下部），是在潮汐流速不对称下形成的，弼港低潮坪或潮沟 6. 板状交错层理，主要是在定向水流下形成，低潮坪潮沟 7. 小型沙纹层理，局部前积纹层呈双向流动特征，弼港中潮坪 8. 双向交错层理，交错层理的细层倾向呈双向性、是潮汐作用层理常见的一种类型，弼港潮下带上部或潮沟 9. 薄互层理，深色者为细粉沙层，浅色者为中一粗粉沙层，两者交互出现，弼港中潮坪