

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

我国南方的两种现代滨海沉积类型

宋天锐

(中国地质科学院)

梁百和

(中山大学)

“滨海相”是古代沉积层中广泛分布的一种沉积相,因此,详细讨论这种现代沉积的沉积环境和沉积物的差别,对于研究古代沉积的岩相和古地理将具有启示作用。

我国的海岸线很长,滨海沉积的种类也是多种多样的,作者研究了我国南方的两种现代的滨海沉积,二者南北相距三百多公里,北边的一种属港湾滨海沉积,南边的另一种属于阔海滨海沉积。港湾滨海沉积的基底地形比较平缓,又由于近岸阻隔地形限制,海浪冲刷作用影响下分带性明显,沉积物与内陆河流冲积物有继承性的联系,其中见少量咸水、半咸水动物介壳,种属较少,以腹足类居多。阔海滨海沉积濒临大海,沉积区基底变化较大,并受珊瑚礁的发育与分布的影响,沉积物受内陆河流影响不显著;其中见有丰富的海生动物介壳及壳屑,海生动物的种属也是比较多的。

根据作者所研究的这两种滨海沉积的资料,本文提出了不同于已有记载的一些看法:第一,所研究区的港湾滨海沉积和阔海滨海沉积是两种不完全相同的滨海沉积类型;前者是“少生物的”,后者是“多生物的”;二者的矿物组合、化学元素丰度都具有明显差异性;此外,砂粒的圆度、球度和分选程度也不完全相同;第二,所有上述差别的产生,是与滨海沉积处的周围基岩性质不同紧密相关,海浪冲刷的磨蚀改造只起加工作用,是次要的因素,不是决定的因素。有的文献过份强调滨海地带水动力条件对沉积物特性的影响,例如认为:滨海沉积砂具有较高的成熟度、较好的磨圆度和球度,以及较好的分选程度等等,并以此划定了“滨海相”的沉积“模式”,看来,这些“模式”并不能包罗各种不同的情况。

一、港湾滨海沉积

港湾滨海沉积由海向陆地发展,大致可以分三个带:泥沼带→砂坪带→草滩带(图版 I, 照片 1),前二者都是潮间带。泥沼带沉积物逐渐与海底的淤泥带相连接,所以,泥沼带的一部分属于潮下带,涨潮时,泥沼带大部分或全部浸没于海水之下,退潮时露出水面并生长杂草或小灌木;这一带的沉积物以泥质为主;也是海生小动物活跃的场所,小螺等掘穴动物在泥面上造成密密麻麻的小钻孔,也有爬痕、爬垄等生物活动的痕迹,但是,当大潮来临时,这些痕迹的大部分被消灭,只保留一小部分。砂坪带以砂质成分为主,也可包含少量的海生动物介壳或碎片,砂坪带的地势一般都比较平缓,是形成波痕的主要部位,砂坪带的宽度不等,宽度较大时可出现上波痕带和下波痕带,上、下波痕带之间往往有一个斜坡。上波痕带是靠近草滩带的,波痕往往是“圆顶峰”状,并经常被地面水流或海水回潮所冲断,这种水流在上、下波痕带之间的斜坡带上形成“紊流构造”,如果斜坡的坡度更大一些,在接近下波痕带的位置形成“漏斗状紊流构造”(图版 I, 照片 2)。下波痕带由于接

近海浪冲刷区,可形成比较长的“平顶峰”状波痕(图版 I, 照片 3),但是,在更靠近海水的低缓平地,又以略带弯曲的断续状或叠瓦状波痕居多,而且弯曲的凸出方向是指向海的。有的地方下波痕带很窄,斜坡带又较陡,则可见到波痕的走向与水冲沟互相垂直的现象。砂坪带再向岸边发展一般就是草滩带,草滩带基本是陆地生的植物占据着,只有当大潮来临时,可以局部或大部淹没这些地方。草滩带以上就是堤岸。

港湾滨海环境的沉积带,沿海岸线走向观察并不是所有地方都可以看到这三个带,有的地方草滩带直接和泥沼带连接,有的地方砂坪带可很宽,直接和堤岸相连接。这些差别是受港湾滨海带地形的起伏影响造成的,有的地方甚至可能是与附近河流发育和变迁的历史背景有关。

古代的与海相有联系的含煤地层中,经常可见到港湾滨海沉积的特征,如上述的波痕、紊流构造、虫迹、爬痕等等,甚至在较大的植物叶片上附着小螺化石的现象偶也可见。

二、阔海滨海沉积

阔海滨海沉积的潮间带最明显的一种特征是一行行“壳积线”(图版 I, 照片 4)。阔海滨海沉积物中海生动物壳体是很多的,这些壳体是当海水涨潮时,随着海浪的进袭带到岸边的,因此,“壳积线”的方向和海岸线的方向是平行的,当海水退潮后,大部分海生动物的壳体滞留在潮间带,同时,可以看到长螺的壳体的排列是指向海水退潮的方向的,而且,大多数“螺塔”的“塔尖”是指向陆地一方。

阔海滨海带常可形成许多近岸珊瑚礁,这些礁体比较集中的处所往往是地形上对海浪冲击存在天然阻隔的角落,当退潮后,可见到近岸珊瑚礁体露出水面呈罗棋布(图版 I, 照片 5)。有珊瑚礁分布的地方,便有珊瑚的碎屑和螺、蚌类碎壳堆积在一起。这些近岸珊瑚礁的形成是比较快的,并且具有较强的适应环境的生长能力,甚至可以附着在基岩的弯凹处生长(图版 I, 照片 6)。

阔海滨海沉积内还有砾石层阶地存在,由半固结的碳酸盐胶结砾石组成,这些砾石层阶地的形成也是比较快的,国外报导的“潮间岩”或“海滩岩”从成因上看也属于这一类。退潮后,可见到滨海砾石层阶地高出海水平面两米以上(图版 II, 照片 1)。砾石层阶地的物质组成随着距海和距岸的远近而有差别,距海近处,砾石成分以生物碎屑居多,基岩的砾石成分较少;距岸近处,砾石成分以基岩砾石居多,生物碎屑较少,充填于砾石间的砂屑物质,大致也有如同砾石成分一样的变化。

砾石层阶地是多层的,大致为 10—30 厘米出现一个分层,一层以砾石为主,另一层以砂屑为主,相互成层;值得注意的是,当退潮以后在砾石层阶地的附近,可以看到群体珊瑚附着在基岩的砾石块上生长(图版 II, 照片 2),表明这些生物的生长速度是很快的,进一步观察同时也可以看到在近海处的砾石层阶地之最底层,常常保存了原地生长而形成的“树枝分叉状”珊瑚礁(图版 II, 照片 3),这些现象,明显地反映了砾石层阶地是由原地沉积逐渐发展为异地沉积的。

三、两种滨海沉积物的特征对比

港湾滨海沉积物和阔海滨海沉积物的特征有许多差别,最显著的有三个方面:(一)

物质成分的差别; (二) 砂粒圆度和球度的差别; (三) 粒度系数的差别。

(一) 物质成分的差别

港湾滨海沉积物中以稳定碎屑矿物为主——石英砂粒占绝大多数, 平均含量可达 97—99% (图版 II, 照片 4), 长石颗粒很少, 只占 1% 左右, 其余的稳定重矿物有锆石、电气石、磁铁矿等, 总计含量不及百分之一。沉积物中动物壳体比较少, 一般只在大于 2 毫米的粗碎屑中可见到, 在小于 2 毫米的细碎屑中, 所包含的壳体碎片是极少的。如果将大于 2 毫米的较粗碎屑物用 10% HCl 加以溶解, 只能获得 1.74% 的溶失量。此外, 光谱分析表明, Ca、Al、K、Na、Mg、Fe、Sr、Ag 等元素的含量也是很低的。

阔海滨海沉积物中, 占多数的成分是海生动物的壳体或壳屑, 在大于 2 毫米的较粗碎屑部分, 几乎全部都由这些壳体或壳屑组成; 在小于 2 毫米的砂屑中, 壳屑也占到 30—50%, 甚至可更多, 而在总量中石英砂粒只占 30—60%, 长石颗粒的含量也较港湾滨海沉积物中有所增长, 可含 2—3% (图版 II, 照片 5), 其中重矿物的种类和数量也相对较丰富, 计有锆石、电气石、磷灰石、绿泥石、磁铁矿、钛铁矿等, 总计含量也可达到 1% 或稍多。同时, Ca、Al、K、Na、Mg、Fe、Sr、Ag 等几种元素的含量也相对有所增长, 用 10% HCl 的溶失量也相对增高。

阔海滨海沉积的砾石层阶地的物质成分也具有其自身的特点, 在砂屑中可看出: 生物壳和长石及各类重矿物都比上述二者相对增高 (图版 II, 照片 6), 而且, Ca、Al、K、Na、Mg、Fe、Sr、Ag 等几种元素的含量都达到相对的最高点, 用 10% HCl 的溶失量也是最高的 (表 1、2)。

表 1 不同滨海沉积物成分的差别

成分类别	>2 毫米	<2 毫米			
		壳 屑	石 英	长 石	重矿物
港湾滨海	石英及石英岩碎屑 (大部分), 生物壳 (小部分)	很 少	97—99%	1%(±)	锆石+电气石+磁铁矿 <1%
阔海滨海	全部为生物壳	30—50%	30—60%	2—3%	锆石+电气石+磷灰石+绿泥石+钛铁矿 1%(±)
阔海砾石层阶地	全部为生物壳	>60%	20—30%	15—20%	锆石+电气石+绿泥石+角闪石+钛铁矿+磁铁矿 >1%

表 2 不同滨海沉积物元素含量的差别*

类 别	含量%	Ca	Al	K	Na	Mg	Fe	Sr	Ag	用 10% HCl 的溶失量
港湾滨海		0.0064	0.79	—	0.01	0.007	0.05	—	—	1.74
阔海滨海		5.200	3.20	0.32	0.22	0.162	0.10	0.03	—	13.62
阔海砾石层阶地		>10	>10	0.70	0.73	0.300	0.15	0.12	0.001	67.20

* 为砂样半定量光谱分析结果。由中国地质科学院地矿所刘永银同志分析。

前面所述的物质成分的差别, 是与两种滨海沉积地带的剥蚀源地基岩性质不同有关,

港湾滨海沉积砂,主要是来自变质的石英岩,而阔海滨海沉积砂(包括砾石层阶地中的砂屑)主要是来自几种岩浆岩(花岗岩及煌斑岩等),此外,沉积物形成的发展过程的差别也会产生一定的影响。

(二) 砂粒圆度和球度的差别

港湾滨海沉积砂中石英砂粒占绝对多数,在海浪冲刷作用中相互之间磨蚀力较强,又受到过河流冲刷的影响,按理应该形成较好的磨圆度和球度;而阔海滨海沉积砂中石英砂粒相对少一些,并和数量甚多的生物壳屑混杂在一起,这些生物壳多是由方解石或文石组成,其硬度比石英小得多,又没有受到河流的明显影响,按理应该形成比较差的磨圆度和球度。然而,从显微镜观察的结果看,事实恰好相反。

我们选择了港湾滨海砂(17b)和阔海滨海砂的样品(21),分别取 0.25—0.15 毫米粒级的砂样做了圆度和球度测量,得出结果是¹⁾:

港湾滨海砂(17b): 平均圆度 $P_o = 1.02$
 平均球度 $S_p = 0.804$
 阔海滨海砂(21): 平均圆度 $P_o = 2.25$
 平均球度 $S_p = 0.822$

由以上测量结果表明,阔海滨海砂的圆度和球度都比港湾滨海砂好一些,尤其是平均圆度相差较大,这种差别的产生也是与砂屑的剥蚀源地的基岩性质不同有关的。港湾滨海砂主要来自变质石英岩,这些石英岩呈齿状缝合结构。单独的石英颗粒的边际都呈锯齿状,这种特点可由较粗大的砂屑显示出来(图版 II, 照片 4a), 因此,当这些较粗大的砂屑在冲刷过程中分解为细砂时,砂粒的圆度首先具有继承性的缺陷,有些砂粒的边界是极不规则的,即使处于滨海地带,不断遭受海浪翻滚的磨蚀,也不能产生较好的平均圆度(图版 II, 照片 4b)。阔海滨海砂的情况不同,砂屑剥蚀源的基岩主要是来自岩浆岩,石英矿物颗粒的原生形状比变质石英岩中的石英颗粒规则得多,据说海蚀的花岗岩碎屑中可使石英砂粒的圆度提高^[2],从阔海滨海砂粒的显微照片中也可以看出,石英砂粒边缘产生裂纹也是趋向于向较好的圆度的方向发展。(图版 II, 照片 5)总之,该地滨海沉积物中产生砂粒的原始岩屑的特点影响其圆度和球度的特点是主要的,海浪冲刷只起加工的作用是次要的。

(三) 粒度系数的差别

作者在两种不同滨海沉积类型的区域,按分带不同分别采集若干组砂样做了机械分析,例如:在港湾滨海沉积区,按照砂坪带的上波痕带、下波痕带以及斜坡紊流带分别多点采样,同时,将波痕带的波峰砂和波谷砂亦用多点取样混合平均,分别做了机械分析,港

1) 圆度和球度计算公式:

$$\text{平均圆度 } P_o = \frac{0 \times n_0 + 1 \times n_1 + 2 \times n_2 + 3 \times n_3 + 4 \times n_4}{\Sigma n}$$

0、1、2、3、4——圆度分级; n_0, n_1, n_2, n_3, n_4 ——相应各级砂粒数; Σ ——测量砂粒总数

$$\text{平均球度 } S_p = \frac{\sqrt[3]{ABC}}{A}$$

A——长轴长度; B——中轴长度; C——短轴长度

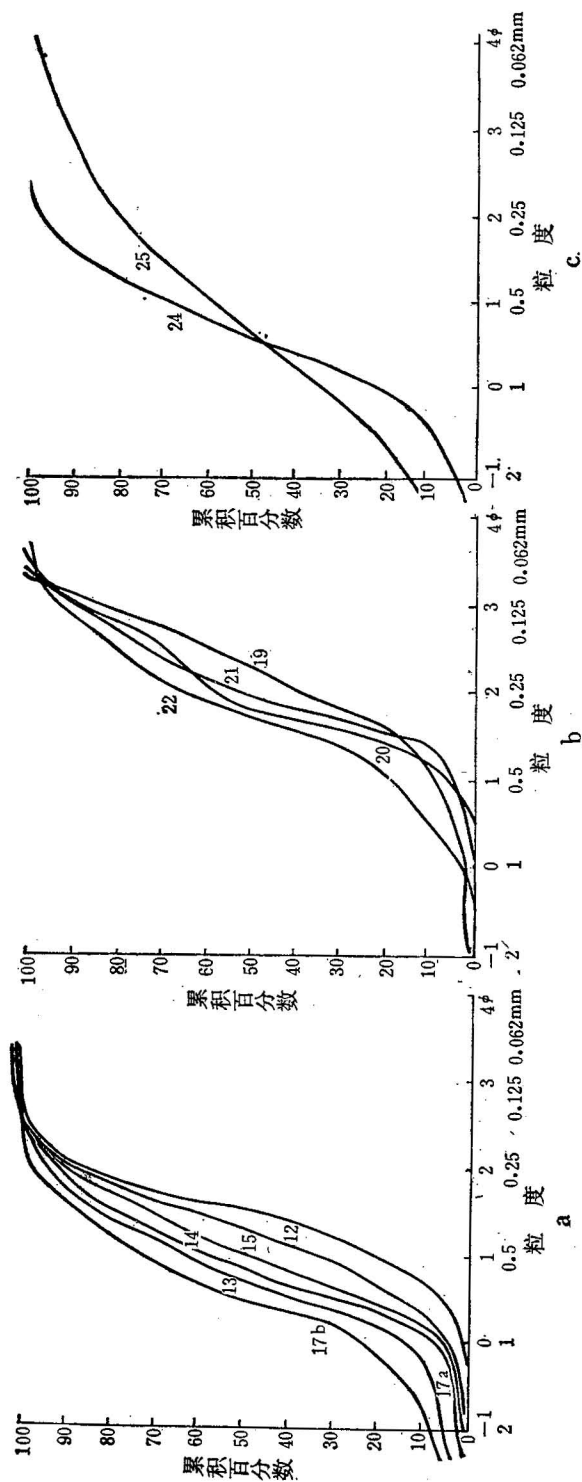


图 1 不同滨海沉积物粒度分布曲线的差别
 a——港湾滨海沉积砂；
 b——阔海滨海沉积砂；
 c——阔海滨海沉积砾石层阶地砂

湾滨海砂共取样 6 组 (组号 12、13、14、15、17a、17b); 阔海滨海砂也分别在潮间带的许多不同部位等间距多点取样, 共取样 4 组 (组号 19、20、21、22); 阔海滨海砾石层阶地的机械分析样品是采自砾石层之间的砂质层夹层, 共取类层混合样 2 组 (组号 24、25), 由以上各组样品, 分别代表上述三种沉积物的粒度系数特点。

从总的粒度分布特点来看, 阔海滨海砂的粒度最细, 港湾滨海砂较粗, 阔海滨海沉积砾石层阶地的砂质夹层粒度最粗 (图 1a、b、c)。

现代文献大多数都推荐采用福克和沃德提出的公式计算粒度系数^{1)[3]}, 据此计算得出不同滨海沉积类型的砂粒度系数如表 3, 由表 3 可看出:

表 3 不同滨海砂粒度系数对比表

样 品 类 别	粒 度 系 数	Md ϕ	Mz ϕ	$\sigma_1\phi$	SK $_1\phi$	KG ϕ
港湾滨海砂(平均值)		0.925	0.947	0.561	0.069	1.043
港湾滨海砂(波峰砂 17a)		0.750	0.866	0.532	0.354	0.925
港湾滨海砂(波谷砂 17b)		0.400	0.433	0.625	0.355	1.422
阔海滨海砂(平均值)		1.920	1.933	0.744	0.133	1.054
阔海滨海砾石层阶地砂(平均值)		0.550	0.616	1.111	0.217	1.000

阔海滨海沉积砾石层阶地砂粒度最粗, 分选性也最差; 阔海滨海砂和港湾滨海砂的分选性都属中等, 但平均计算, 港湾滨海砂的分选性较好一些; 而且, 波峰组的砂比波谷组的砂粒度小且分选性较好。

关于粒度系数与沉积环境的关系问题讨论得是很多的, 但是对二者的相关性限定得比较明确者首推弗里德曼^[4]、马逊和福克^[5]、沙胡^[6]和维谢尔^[7]等人提出的几种方法, 此外, 如帕瑟加^[8]、鲁欣^[9]等提出的图表多着重于粒度分布和水动力条件的关系。

作者用上述的方法检验了三种沉积物粒度系数与沉积环境的关系问题后, 认为所有这些公式和图表都反映了沉积物特点的一个侧面, 但是作为一种统一的“模式”看待未必到处都能与实际情况吻合, 因为各地的具体情况不相同。例如: 将前述三种不同的滨海砂粒度分布绘“概率图”(图 2a、b、c), 显然表现为三种不同的分布形态。又如: 将各组滨海砂的粒度系数按弗里德曼的粒度系数与沉积环境关系图表投点, 大部分都落入“河砂区”内, 只有港湾滨海砂的 12、15 两组样的点落入“海滩、湖滩砂区”(图 3)。这种投点的格局就和实际情况不一样, 因为港湾滨海砂从继承性沉积发育关系分析, 可能曾经与河流的河口沉积环境有某些联系, 但是, 从阔海滨海砂的沉积环境来看, 根本不可能受

1) 福克和沃德提出的粒度系数公式:

中 值 $Md\phi = \phi_{50}$

均 值 $Mz\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$

标准偏差 $\sigma_1\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$

偏 态 $SK_1\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$

峰 态 $KG\phi = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$

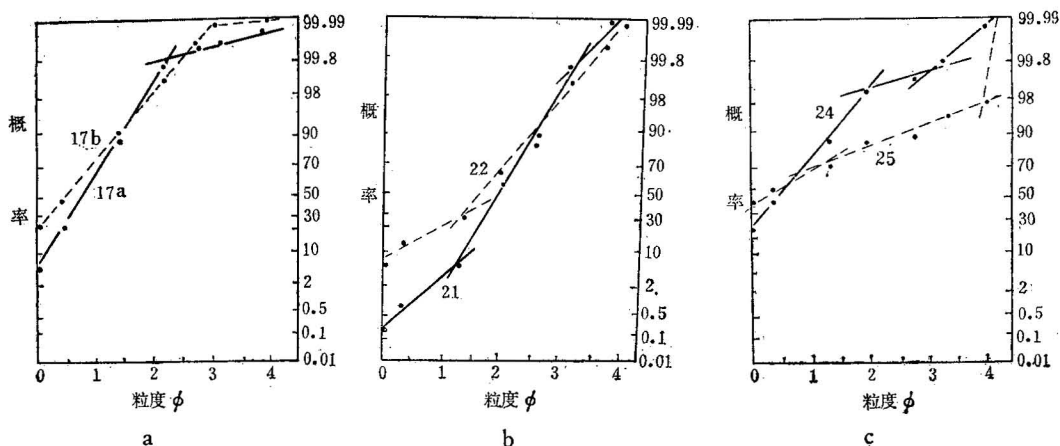


图 2 不同滨海沉积物概率图的差别

a——港湾滨海沉积砂； b——阔海滨海沉积砂； c——阔海滨海砾石层阶地砂。

到河流的影响，特别是阔海滨海沉积的砾石层阶地，更无丝毫涉及河流沉积的迹象，因此，这个“粒度系数-沉积环境”关系图表，在所研究的滨海沉积区是不适用的。

最后，作者将表 3 所列的各种系数，按照沙胡的公式做了计算，求得“判别环境系数”如表 4。

由表 4 所列数值与沙胡的“判别环境系数”公式¹⁾对比后可看出：虽然港湾滨海砂的判别环境系数是符合实际的，但是阔海滨海砂的系数就不完全符合于沙胡的公式；港湾滨海砂的判别环境系数（平均值） $Y_{a:b} = 0.8893$ 应属于“滨海”，可以与“风成”相区别，而另一个系数 $Y_{b:s} = 56.0519$ 也是属于“滨海”，可以与“浅海”相区别；但是，阔海滨海沉积砂的区

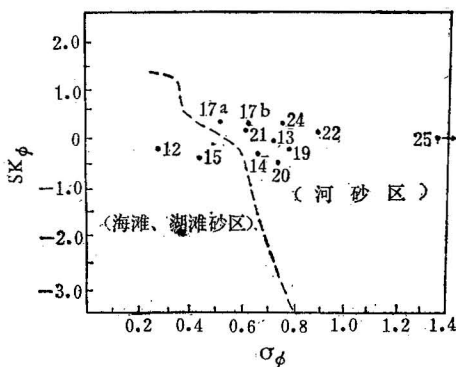


图 3 不同滨海沉积物在“粒度系数-沉积环境”图解中的位置

1) 沙胡提出的判别环境系数公式：

区别：风成 (a)：滨海 (b)

$$Y_{a:b} = -3.5688M_z + 3.7016\sigma_1^2 - 2.0766SK_1 + 3.1135KG$$

小于 -2.7411 为风成；大于 -2.7411 为滨海

区别：滨海 (b)：浅海 (s)

$$Y_{b:s} = 15.6534M_z + 65.7091\sigma_1^2 + 18.1071SK_1 + 18.5043KG$$

小于 65.3650 为滨海；大于 65.3650 为浅海

区别：浅海 (s)：河流 (f) (冲积)

$$Y_{s:f} = 0.2852M_z - 8.7604\sigma_1^2 - 4.8932SK_1 + 0.0482KG$$

小于 -7.4190 为河流冲积 (三角洲)；

大于 -7.4190 为浅海

区别：河流 (f) (冲积)：油流 (t)

$$Y_{f:t} = 0.7215M_z - 0.4030\sigma_1^2 + 6.7322SK_1 + 5.2927KG$$

小于 9.8433 为油流

大于 9.8433 为河流冲积 (三角洲)。

表 4 按沙胡公式计算的不同滨海砂判别环境系数

样 品 类 别	判 别 环 境 系 数	$Ya:b$	$Yb:s$
港湾滨海砂(平均值)		0.8893	56.0519
港湾滨海砂(波峰值)		0.1019	55.6779
港湾滨海砂(波谷值)		3.5907	65.1850
阔海滨海砂(平均值)		-2.0584	89.4789
阔海滨海砾石层阶地砂(平均值)		5.2135	113.1807

别环境系数(平均值) $Ya:b = -2.0584$, 应属于“滨海”, 而另一个系数 $Yb:s = 89.4789$ 则应属于“浅海”范畴, 与实际情况不相符合。此外, 作者计算了港湾滨海砂的波痕砂组的系数, 分别按波峰砂组和波谷砂组作比较, 按沙胡的判别环境系数都划入“滨海”范畴是符合实际情况的, 但是波谷砂组的一个系数 $Yb:s = 65.1850$, 与公式中的判别环境界限的数值(65.3650)很相接近, 可能是由于波谷砂中往往有较多的粗砂落入其中, 影响了粒度分布曲线的形状和系数, 或许, 波峰砂组对于滨海砂来说, 更具有滨海沉积水动力条件的代表性。

多年来对于粒度系数与沉积环境关系的探讨是很多的, 对其实用意义的评价分歧亦很大, 按作者所列有限的计算结果比较, 沙胡的公式似乎具有较多的符合实际情况的机率。

结 论

作者研究了我国南方的两种滨海沉积类型及其中的三种沉积物以后, 认为从沉积环境景观、沉积物组成、砂粒的圆度、球度和粒度系数等方面都有明显的差别, 这种差别的产生主要是由剥蚀区基岩性质不同加之气候及生物繁殖等综合因素造成的。在研究煤、蒸发岩矿产、磷及其它沉积金属、非金属矿产时, 愈益感到诸如这些含矿的地层中, 存在较发育的所谓“边缘相”沉积层, 其中包括“滨海相”沉积在内。从本文列举的材料来看, “滨海相”作为一种沉积环境的代表, 不应按照一种既定的刻板“模式”来判别, 而应该区别滨海沉积的类型及其中包括的不同种类的沉积物特点, 并联系可能的不同沉积环境景观来考虑。

本文曾请叶连俊、郑直二同志审阅, 插图由王友松同志清绘, 谨致谢忱。

参 考 资 料

- [1] 华东石油学院勘探系, 基础地质、石油地质教研室主编 1977 沉积岩。石油化学工业出版社出版。
- [2] Smalley, I. J., 1974 Fragmentation of granitic quartz in water. *Sedimentology*. Vol. 21.
- [3] Folk, R. L. & Ward, W. C., 1957 A study in significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petro.* Vol. 27.
- [4] Friedman, G. M., 1961 Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. *Jour. Sed. Petro.* Vol. 31.
- [5] Mason, C. C. & Folk, R. L., 1958 Differentiation of beach, dune and aeolian flat environment by size analysis. *Jour. Sed. Petro.* Vol. 28.
- [6] Sahu, B. K., 1964 Depositional mechanisms from size analysis of elastic sediments. *Jour. Sed. Petro.* Vol. 34.
- [7] Visher, G. S., 1969 Grain size distribution and depositional processes. *Jour. Sed. Petro.* Vol. 39.
- [8] Passega, R., 1964 Grain size representation by CM patterns as a geological tool. *Jour. Sed. Petro.* Vol. 34.
- [9] Лухин Л. Б., 1953 Основы Литологии. Гостоптехиздат.

TWO TYPES OF RECENT LITTORAL SEDIMENTS IN SOUTH CHINA

Song Tianrui Liang Baihe

(Chinese Academy of Geological Sciences) (Chungshan University)

Abstract

In South China there exist two types of littoral sediments which are quite different in their landscapes. One is the type of estuary-littoral sediments with less organisms (Plate I, Photo 1—3) and the other is the type of open sea-littoral sediments with more organisms (Plate I, Photo 4—6). Listed in Tables 1, 2, 3 and 4 are the main differences in various aspects between the two types.

It has been suggested in many textbooks that the littoral sediments may be characterized by the well roundness and good sorting of quartz sands. According to the data of sieve analysis and microscopic observation of quartz shapes by the authors, sands of the estuary-littoral type under discussion are well sorted but the grains of quartz sands are irregular (Plate II, Photo 4a, b), whereas sands of the open sea-littoral type show better roundness but are relatively poor sorted (Plate II, Photo 5, 6). These different characteristics of the sediments are caused by the abrasion of different source rocks of the quartz sands. The former type of sediments is derived mainly from metamorphic quartzite and the latter from magmatic rocks (granite etc.).

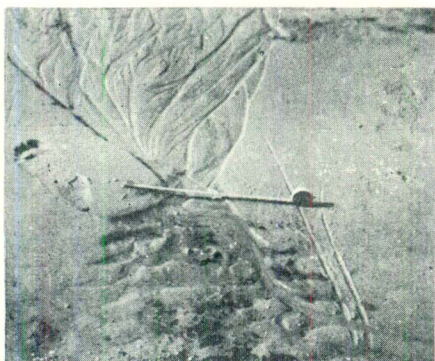
The analysis of recent littoral sediments in South China provides some new informations which are helpful to sedimentary facies analysis or reconstruction of ancient marine sedimentary environments.



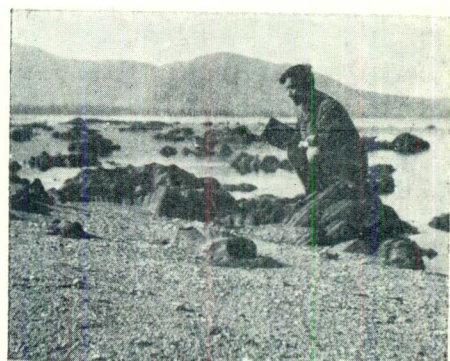
照片 1. 港湾滨海沉积的一角



照片 4. 阔海滨海沉积的一角



照片 2. 港湾滨海沉积的上、下波痕带之间的“漏斗状紊流构造”



照片 5. 阔海滨海沉积的近岸珊瑚礁星罗棋布



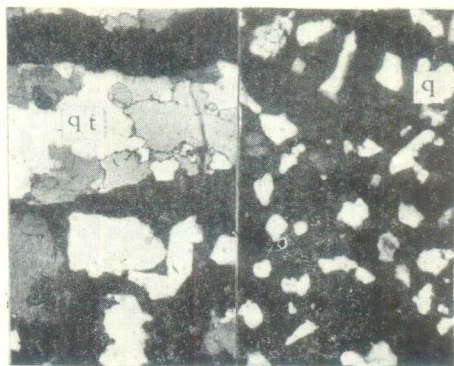
照片 3. 港湾滨海沉积的下波痕带“平顶峰”状波痕



照片 6. 阔海滨海沉积的近岸珊瑚附着在基岩弯凹处生长



照片 1. 阔海滨海沉积的砾石层阶地的一角



照片 4a. 港湾滨海沉积中的粗粒砂(17b)
qt——变质石英岩岩屑正交偏光×43

照片 4b. 港湾滨海沉积中的细粒砂(17b)
q——石英砂粒正交偏光×43



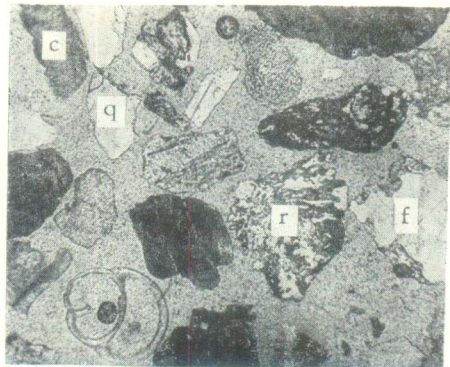
照片 2. 阔海滨海沉积的砾石层阶地附近, 群体珊瑚附着在基岩的砾石块上生长



照片 5. 阔海滨海沉积砂(21)
q——石英砂粒; f——长石砂粒;
c——生物壳屑。正交偏光×43



照片 3. 阔海滨海沉积的砾石层阶地之最底层为原地生长的“树枝分叉状”珊瑚礁



照片 6. 阔海滨海沉积砾石层阶地砂(24)
q——石英砂粒; f——长石砂粒;
c——生物壳屑; r——岩浆岩岩屑。
正交偏光×43