

我国西沙群岛松散堆积物的粒度和组成的初步分析*

钟晋樑 黄金森

(中国科学院南海海洋研究所)

1974—1976年,我们三次到我国西沙群岛进行了地质地貌考察,在各岛洲采集了大量海滩岩和松散堆积物样品,大部分采自海滩,部分采自其他地形部位(包括岛屿陆上、中部泻湖、礁平台和较深处),并对14个主要岛屿上的24个松散堆积物样品,进行了粒度和基本生物碎屑组分的分析。

考虑到松散堆积物绝大多数是珊瑚和贝壳等生物碎屑,而粒径大部分为0.25—2毫米,所以只能用目镜测微尺,以颗粒的最长轴量算。每个样品用四分法随意选取四百多至一千多颗粒,在显微镜下进行粒度和组分的分析。

粒级划分是采用十进制标准来进行的。

在粒度分析过程中,以颗粒数百分比作统计为主,也作了各粒级的重量百分比统计。这两者间一般差异较大,只有在样品中没有或极少>2毫米的颗粒,几乎全是中粗砂时,两者的累积曲线才较接近,否则在同一座标中,重量百分比的累积曲线中就没有第1个四分位数,因而分选系数(S_0)和不对称系数(S_k)也算不出来。本文所用 S_0 和 S_k 数值均按颗粒数百分比的累积曲线计算。粒度类型也以颗粒数百分比为主,并适当考虑重量百分比。

松散堆积物的定名,我们采用了综合命名法。生物组分凡在样品中占颗粒数>20%的,则在命名中占有名称。生物组分在命名中以居前者为主;粒度类型则以居后者为主(表2)。

表1 西沙群岛松散堆积物粒度组成的六种类型

名称	样品数	特点
砾	3	砾的重量和数量百分比都>80%
砂砾	6	砾的重量百分比>80%,砾的数量百分比>50%
细砾粗砂	6	细砾重量百分比>80%,细砾的数量百分比<20%
含细砾(中)粗砂	6	细砾重量百分比>50%,细砾数量百分比<20%
粗砂	2	粗砂的重量和数量的百分比都>50%
中砂	1	中砂的重量和数量的百分比都>50%

* 参加野外工作的还有本所宋朝景、许宗藩、朱袁智、翁崇、谢以萱、周人初、陈绍谋和赵焕庭;海滩岩镜鉴工作曾得到中国科学院地质研究所沙庆安和范嘉松的帮助;本所林鸿雄清绘图件,作者在此一并致谢。
本刊编辑部收到稿件日期:1978年1月27日。

表 2 样品分析总表

样品编号	采样地点	分析颗粒总数	M_d (毫米)	S_0	S_k	碎屑物的主要生物组分(颗粒数)							命 名
						石珊瑚	贝壳	有孔虫	钙质藻	苔藓虫	其他屑	非钙屑	
C ₂	甘泉岛西南岸堤	681	0.53	1.43	0.899	509	103		33		19	9	珊瑚含砾中粗砂
C ₄	甘泉岛西南岸边	605	0.78	1.31	0.944	509	60	15	7	5		8	珊瑚细砾粗砂
C ₅	甘泉岛西南岸边	690	0.80	1.30	0.831	553	30	69	17	10	1	10	珊瑚细砾粗砂
C ₇	全富岛东岸	671	0.65	1.32	1.64	537	32	80	9	2	5	6	珊瑚细砾粗砂
C ₈	全富岛北岸	269	7.8	1.26	0.877	169	61	1	33	2	2	1	珊瑚贝壳砾石
C ₉	全富岛西南岸	531	1.04	1.90	1.70	406	71	31	16	1		11	珊瑚粗砂细砾
C ₁₀	全富岛南岸	687	0.78	1.25	1.025	643	17	15			8	2	珊瑚细砾粗砂
C ₁₃	琛航岛西北岸	439	0.70	2.02	1.52	279	119	20	4	4	5	8	珊瑚贝壳砂砾
C ₁₅	广金岛东端	504	1.95	1.52	1.42	328	100	13	35	5	2	4	珊瑚贝壳砾石
C ₂₁	永兴岛东北岸	472	0.89	1.50	1.13	207	65	74	72	38	11	5	珊瑚砂砾
C ₂₂	永兴岛东边	1763	0.37	1.34	0.857	1182	412	76	22	47	17	7	珊瑚贝壳中砂
C ₂₄	西沙洲西南	573	2.20	1.53	0.954	267	108	11	131	55	2		珊瑚贝壳砾石
C ₃₁	盘石屿西北	947	0.51	1.39	0.969	627	177	27	99	1		6	珊瑚贝壳含砾中粗砂
C ₃₃	盘石屿中部	1325	0.49	1.39	1.11	890	308	19	97	4	3	4	珊瑚贝壳含砾粗中砂
C ₃₃	东岛西南岸砂堤	993	0.60	1.40	0.888	605	160	153	52	8	8	7	珊瑚含砾中粗砂
14	中建岛北西西	1823	0.62	1.35	0.883	1345	395	14	46	2	20	1	珊瑚贝壳粗砂
15	中建岛小泻湖底	900	0.62	1.42	0.894	605	188	20	62	13	3	8	珊瑚贝壳含砾中粗砂
16	中建岛南东东	675	0.80	1.19	0.92	510	125	5	21	7	7		珊瑚贝壳粗砂
S-76-6	金银岛东南	779	0.81	1.53	1.11	532	150	37	44	8	5	3	珊瑚贝壳细砾粗砂
S-76-45	石岛东北岸滩	1414	0.39	1.61	1.14	880	251	83	76	10	7	7	珊瑚贝壳砂砾
S-76-21	晋卿岛东北边	1147	1.30	1.53	0.81	605	180	128	191	29	11	3	珊瑚贝壳砂砾
S-76-73	赵述岛西南边	666	1.20	1.90	1.30	405	92	98	54	4	13		珊瑚砂砾
S-76-40	珊瑚岛东北	1221	0.40	1.55	1.097	852	167	94	89	11	7	1	珊瑚含砾中粗砂
S-76-62	赵述岛北 250 米礁塘底	1679	0.47	1.64	0.824	1035	219	211	153	27	31	3	珊瑚含砾中粗砂

一、粒度类型和特征

我国西沙群岛的岛屿堆积物是海洋性的,没有陆源物质参与。在波浪作用下,将礁平台上以珊瑚为主的生物碎屑堆积到岛屿边缘,再加上风暴潮和正常风力的作用,把它推移到岛屿的上部。由于物质来源和搬运营力的因素,决定了岛屿上、特别是水边线的颗粒粒径均 > 0.1 毫米,大多数在 0.25 毫米以上,只有在岛屿上部的鸟粪土中才有 < 0.1 毫米的粉砂和粘粒等生物小循环的产物。

(一) 以细砾和粗砂组合为主的粒度类型

西沙群岛松散堆积物按其粒度组成可分为六种类型(见表 1):

从表 1 可见西沙群岛松散堆积物是以细砾和粗砂混合类型占多数,达样品总数的 62.5%。(详见表 2)

(二) 分选性良好

颗粒的比重、大小和形状,波能和方向,以及海底坡度等是物质分选的决定条件,而沉积物分选的主要因素是波浪的作用^[5]。一般认为分选系数 $S_0 = 1-1.58$ 为分选性良好^[3]。在 24 个样品中,只有 5 个样品的 S_0 值稍大于 1.58,分别为 1.61 (S-76-45) 至 2.02 (C13),其余都在 1—1.58 范围之内(详见表 2)。由此可见,多数岛屿松散堆积物的分选性良好,波浪作用充分。

(三) 滚圆度较好,球度稍差

生物碎屑在崎岖的礁平台上受到波浪的反复磨蚀,搬运到水边线附近的碎屑物一般具有较好的磨圆度,据 W. C. 克鲁宾和 L. L. 斯洛施的划分标准^[3],磨圆度约达 0.5—0.7 度。至于球度方面,< 2 毫米的珊瑚碎屑的球度较好,常达 0.7 度。但是,小贝壳碎片和扁平状的苔藓虫硬体,受原始形态限制,大颗粒球度很差,只有细颗粒较好。

(四) 在同一个岛屿不同部位的粒度有差异

1. 不同方位的差异

迎盛行风的岸滩堆积物颗粒较粗。这是因为迎盛行风的岸滩是高能区,相应地波浪携带的粒级较粗大。如全富岛位于永乐环礁北部,这里的盛行风是偏北风。现将该岛四个方位的样品粒度中值比较如下:

方位:	E	N	S	WS
Md (毫米)	0.65	7.8	0.78	1.04

从上述可见,全富岛北岸的粒度最大,明显受偏北风影响;次为西南岸,反映受夏季强西南风的影响。这些都表明季风的支配作用。

在永乐环礁的南部,在西南风强烈作用下,使琛航岛的西南部—南部受强浪作用而堆积成珊瑚砾石堤,砾径达 100—200 毫米,而该岛的西北岸滩,其堆积物粒度中值为 0.7 毫米,差异极为悬殊。

位于西沙群岛最西南部的中建岛,这种差异就不明显,在该岛北西西岸边和南东东岸边的样品粒度中值分别为 0.62 和 0.8 毫米,两者相差不多,可能是东北季风和西南季风对该岛影响的强度差异不大的反映。

2. 不同地形部位的差异

在高潮线附近,颗粒较粗;在风成加高的岸堤上部,粒度较细。高潮时水较深,波浪能量较大,携带的颗粒也较粗。如甘泉岛西南高潮线附近两个样品的中值(0.78 和 0.8 毫米)

均大于岸堤上部样品的中值(0.53 毫米)。后者 < 0.25 毫米的颗粒数也较多。

二、生物组分的特征

珊瑚礁是以造礁石珊瑚为主要构造的自然综合体。它具有特殊的生态环境,适宜于很多海洋生物生长,因此珊瑚礁上栖息着极其丰富的喜礁生物,其现存生物量也很高。据本所生物研究室资源组在晋卿岛三个区的调查资料表明,除造礁石珊瑚外,在较高的 I 区,每平方米面积中竟出现海绵动物、多毛类、软体动物、贝类、棘皮动物及其他生物等达 140 种之多,其生物量高达 4981 克。而在较低的 III 区也有 35 种,生物量为 810 克。这些生物死亡后留下的硬体,连同石珊瑚骨骼,即成为岛屿松散堆积物的物质来源。

在西沙群岛,除高尖石为火山岩(含凝灰熔岩,夹玻基橄辉岩角砾和礁灰岩碎屑, K-Ar 法测年为 2.05 百万年)外,各岛屿的松散堆积物的组成,都是以珊瑚碎屑为主,次为贝壳碎屑。至于钙质藻、有孔虫、苔藓虫硬体等的含量,各个岛屿有所不同。此外,还有一些棘皮动物的内骨骼碎片和一些生物棘刺或骨针。上述全是碳酸盐颗粒;还有一些非碳酸盐颗粒,如硅质海绵和其他非钙质藻类的碎片等。至于鸟粪土这些松散堆积物,据我们对从北岛、甘泉岛、晋卿岛、金银岛和珊瑚岛采回样品的分析,均为胶磷矿, P_2O_5 含量最低为 5.20% (北岛, C61), 最高达 32.00% (珊瑚岛, 74-5)。

珊瑚碎屑是六放珊瑚(造礁石珊瑚)的碎屑,其颗粒数一般占总颗粒数的 55—80%, 成为松散堆积物的主体。每个样品都有红色的笙珊瑚碎屑散布其中,说明笙珊瑚在各礁平台都有分布,符合印度-太平洋型的特点,因为热带大西洋型是没有笙珊瑚的^[6]。珊瑚碎屑的矿物成分为文石,呈纤状结构。

贝壳碎屑是破碎的软体动物介壳,一般约占颗粒总数 15% 左右,多者达 27%, 少的不足 5%。总的看来,贝壳碎屑在松散堆积物的总量中居第二位。贝壳层的矿物组成或全是文石或呈文石和方解石交互层,但高镁方解石和低镁方解石都可出现。

有孔虫壳多数是较完整的,都属底栖钙质有孔虫。其壳是由细胞原生质所分泌,大多数的属,都分泌一个方解石或文石的外壳^[4]。所见外壳绝大多数是透镜形的,极少数是锥形或盘形。其大小多数为 0.5—1 毫米,其次为 0.5—0.25 毫米,再次为较大的有孔虫达 1—2 毫米。有孔虫的辐射状棘刺部分或大部分被磨掉,有些小突起的房室已被磨平。采自礁池底部的样品,很多有孔虫硬体的原始形态保存很好。有孔虫壳几乎在每个样品中都有,但数量差异很大。在赵述岛、东岛(和五岛)、晋卿岛、永兴岛、珊瑚岛和石岛等的松散堆积物中,有孔虫壳较多,占样品颗粒总数的 6—15%, 而盘石岛和中建岛的样品中则较少,只占颗粒总数的 1.1%。

钙质藻几乎在每个样品中都有,颗粒大小不定,数量比苔藓虫多。其外表形态既有光滑的,也有粗糙的和单面有不规则微孔的,还有小枝状、皮壳片状和粒状的。一般呈白色而光泽暗淡。R. G. C. 巴瑟斯特(1971)指出:“钙质藻的不同种类以其钙质部分的形态和大小来区别”^[7]。它的钙化方式呈方解石(一般高镁方解石)或文石,或沉淀在细胞内表现为细胞壁(红藻)的钙化,或沉淀在细胞外,一般在某些组织的内部或周围,作为植物光合作用(绿藻)的副产物。死的钙质藻的颗粒比其活着时为粗。钙质藻的数量往往大于有

孔虫的数量,一般占颗粒总数的 3—6%,多者达 14—22%,少者不足 1%。

苔藓虫硬体几乎每个样品都有,但数量不及有孔虫多,一般只占颗粒总数的 1—2%,多者可达 8%(如永兴岛东北),少者不足 1% 或根本没有看到。苔藓虫硬体的矿物组成为高镁方解石或文石,或由两种矿物混合组成^[7]。

在样品中还未看到标准的鲕粒,镜下只见到一些白色钙质容易离散的絮状物。

非碳酸盐颗粒主要是一些非钙质海绵碎屑和非钙质藻类(如浮游硅藻)的微粒。

顺便指出,岸滩松散堆积物颗粒可被文石针环边胶结,或被混有生物粉屑的文石和高镁方解石泥所机械填积,从而形成广泛发育的现代海滩岩(珊瑚岛和东岛海滩岩 C¹⁴ 测年均为现代产物,另据我们在甘泉岛和金银岛所见,海滩岩中夹有碎玻璃和锈铁片,也表明其形成时代很新近)。显微镜鉴定也发现本区现代海滩岩的组分与松散堆积物的组分基本一致。

三、关于颗粒数百分比和重量百分比累积曲线的差异

同一个样品,在同一个座标中,以颗粒数百分比绘制的累积曲线和以重量百分比绘制的累积曲线,两者常有显著的矛盾。当座标值自左向右减小时,前者完整,而后者都偏于左上方,而且第 1 个四分位数 (Q_1) 常在图外左下方(占 18/24),如 C₉、C₁₃ 等(见图 1)。有些甚至中值 (M_d) 和第 3 个四分位数 (Q_3) 也在图外左方(占 11/24),如 C₁₀、S-76-45

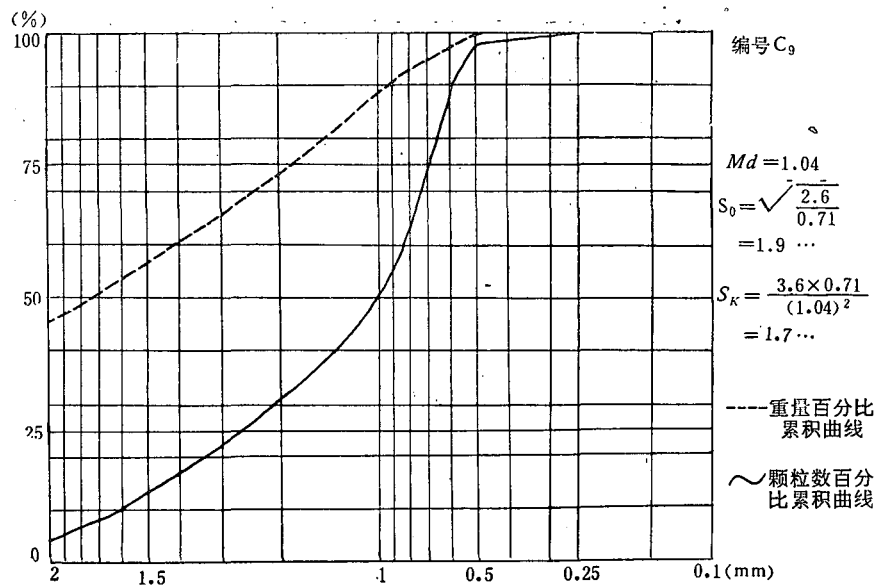


图 1 重量百分比累积曲线的第 1 个四分位数在图外的实例

等(图 2)。造成这种现象的主要原因是大颗粒数量虽少(占总颗粒数不足 1% 或百分之几),但它的重量很大,往往占总重量的一半或大半。由于取不到 Q_1 值,甚至取不到粒度中值和 Q_3 值(第 3 个四分位数),因而分选系数 (S_0) 和不对称系数 (S_k) 也就无法计算出来。只有当 > 2 毫米的颗粒重量较小时,两者的累积曲线才能接近,如 C₂₂、14(图 3, 4)。即使如此,其中值 (M_d) 也偏左 0.11—0.3 毫米。 S_0 值偏离不大,但 S_k 值也偏大 0.2—0.65

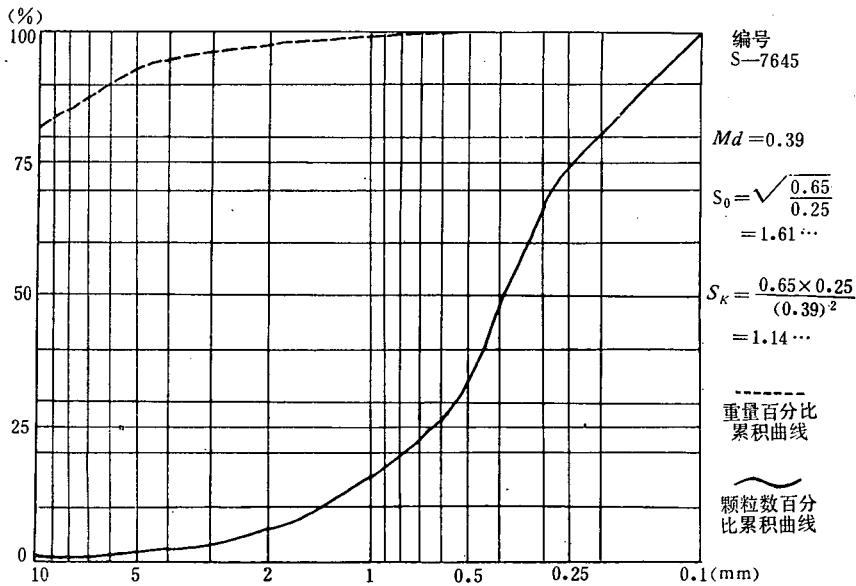


图2 重量百分比累积曲线的第3个四分位数在图外的实例

毫米。一般来说,解决这两者之间的矛盾是较困难的,目前还没有一致公认的方法。

在<0.1毫米的颗粒较多的情况下,如粉砂和粘土较多时,颗粒数是难以数得准确的,因而都通过筛析、吸管法或水析法,用重量计算各粒级的百分比,并用各顶点分别为粘土、粉砂和砂的三角形分析法作粒度类型命名。然而西沙珊瑚礁岛屿的堆积物一般较粗,基本上是>0.1毫米的,而在0.25—2毫米的占多数。这就为计算颗粒百分比提供可能条件,但按颗粒数百分比去确定粒度类型是否能反映粒度的客观实际呢?看来也有它的局限性。例如若细砂(0.25—0.1毫米)的颗粒数量占80%,但它的重量只有百分之几,即使

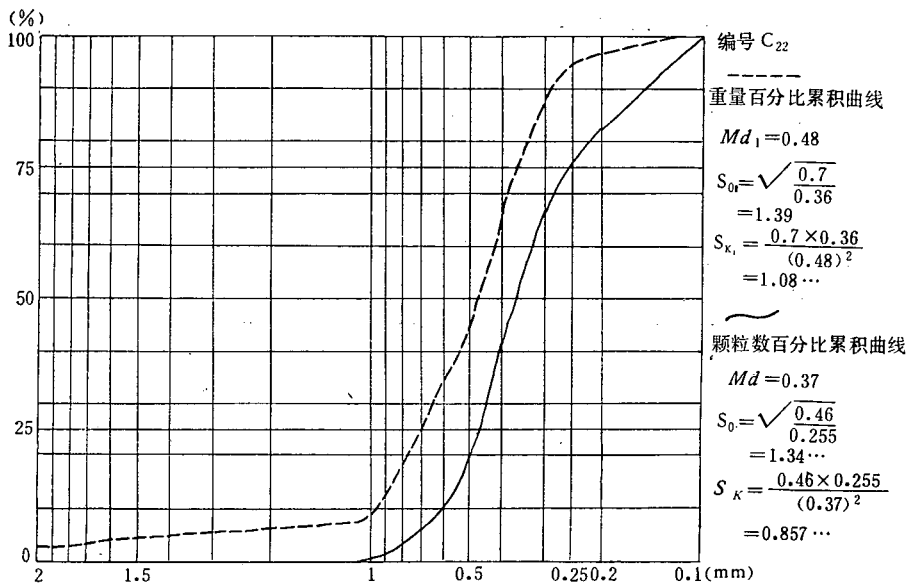


图3 颗粒数百分比和重量百分比累积曲线较一致

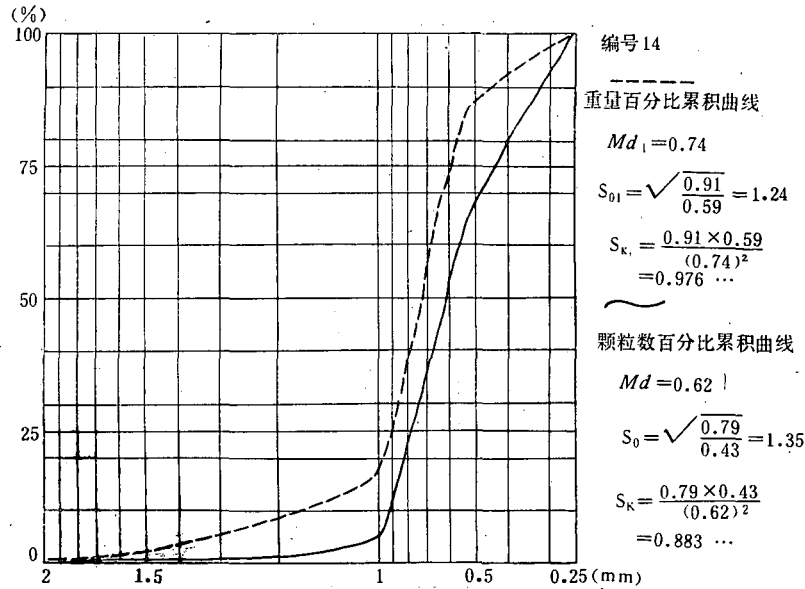


图 4 颗粒数百分比和重量百分比累积曲线较一致

以其体积来看也只占很小一部分时,这样的粒级若定为细砂,那就是不切实际的。又如若只按重量百分比,在一个样品中,有一两个稍大的颗粒(砾),其重量占 80%,其余近千个颗粒重量才占 20%,以此定为砾,也是不切实际的。所以完全按照颗粒数百分比或重量百分比去确定粒度类型都是不全面的。若要确定得较客观,在计算颗粒数百分比的同时,应考虑重量百分比,若能兼顾它的体积百分比的话,那就较全面了。在珊瑚礁的生物碎屑中,绝大部分是碳酸盐颗粒,比重差异不大。在岩性复杂地区,若以重量百分比作为粒度类型标准划分时,更要考虑到体积因素,因为它和颗粒的比重有关。

四、松散堆积物的堆积速度和动向

关于松散堆积物的堆积速度,据我们多次到西沙所见岛屿和沙洲的变化,以及根据渔民的反映,现简述如下:

由于西沙群岛位于南海北部,受到季风的强烈作用,因而堆积物的节奏变动是存在的。此外,更重要的是台风的影响,往往在短期内引起巨大的变化。

1972 年 20 号台风袭击西沙后,在南沙洲南缘 500 米外新冒出一个沙洲来,长达 100 米,宽 40 米,高 3 米。又如没有天然植物生长的中建岛,据渔民反映,在二十年前,它似锅形,台风暴浪时可受海水淹没,现已变成浅碟状,并且明显扩大了。最近三年它变化很快,特别是残留的泻湖迅速缩小并变浅。

关于松散堆积物的堆积速度,可以从某些出土文物的埋藏深度推算出来。例如,我们根据圣宋元宝(公元 1101—1125 年宋徽宗时铸)被埋藏 1 米推算,近六百五十年来西沙群岛松散堆积物的堆积速度平均每年为 0.15 厘米,而西沙群岛珊瑚礁的成长率平均每年为 0.3 厘米^[1,2]。这不仅表明西沙群岛珊瑚礁成长率快于松散堆积物的堆积速度,而且说明

了该区海相堆积地貌具有丰富的物质来源。

珊瑚礁上的松散堆积物是在礁平台基础上由海流、风浪长期作用生成的,逐渐形成水下沙堤(有些低潮时出露,可称为潮汐沙坝)→沙洲→砂岛三种基本类型。一般迎主风面暴露的海滩岩遭受海浪冲刷,是侵蚀岸段;而背主风面则为波影区,堆积作用盛行,沙咀、潮汐沙坝和离岸沙堤正在发育,是松散堆积物延伸扩展的主要方向。在我们调查过的岛屿、沙洲中,各自的堆积动向如表 3 所列。

表 3 西沙群岛各岛、洲、礁的主要堆积动向¹⁾

岛洲名称	永兴岛	石岛	北岛	赵述岛	西沙洲	东岛	咸舍	银屿仔	银屿	鸭公岛	全富岛	珊瑚岛	甘泉岛	金银岛	羚羊礁	广金岛	琛航岛	晋卿岛	盘石屿	中建岛
位置	东群中北部	东群中北部	东群北部	东群北部	东群西北部	东群东部	西群永乐环礁东部	西群永乐环礁东北部	西群永乐环礁东北部	西群永乐环礁北部	西群永乐环礁北部	西群永乐环礁西北部	西群永乐环礁西北部	西群西部	西群永乐环礁西南部	西群永乐环礁南部	西群永乐环礁南部	西群永乐环礁东南部	西群东南部	西群西南部
堆积方向	S	SW	S	SW	SW	SE	S、E	SW	NW、S	SW	S	S	N	W、E	SE	NE	N	NE	S	W

1) 在西沙群岛,东经 112 度以东称东群,以西称西群。

从上表可见大部分向南—西南堆积扩展,甚至反映了整个岛屿的动向。这是偏北—东北主风向作用的结果,其中也有海流作用的因素。这和西沙群岛(以永兴岛为准)累计全年风向频率图是一致的(图 5)。只有处在永乐环礁南部的几个岛屿(晋卿岛、琛航岛、广金岛)是与此相反的,即西南季风成为主风向,对岛屿的动向起主导作用。此外,远离永乐环礁的中建岛又有它的特殊动向。

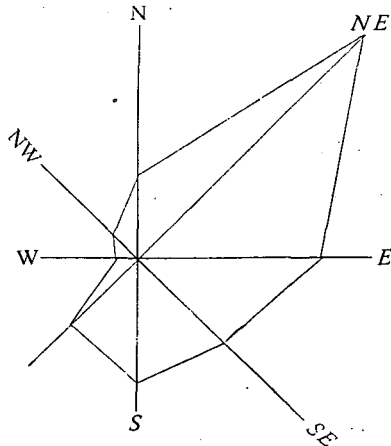


图 5 西沙群岛累计全年风向频率图

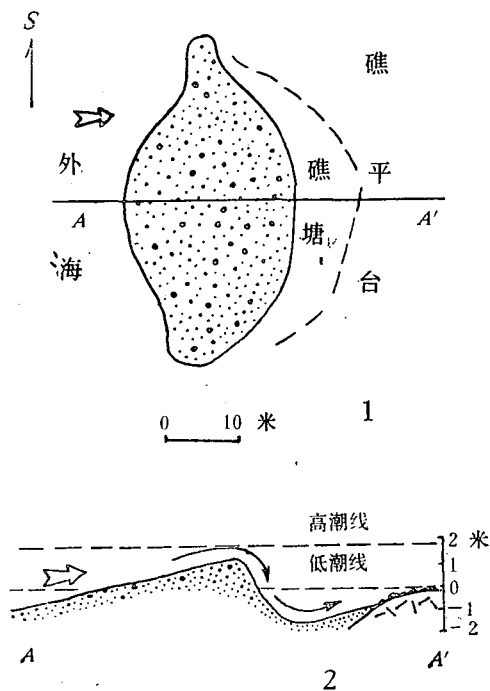


图 6 石岛—永兴岛礁盘东缘潮汐沙坝

1. 草测平面图 2. 草测剖面图

潮汐沙坝—沙洲—砂岛这些松散堆积体都以不同速度变迁着。很多潮汐沙坝在成长中,它是沙洲的前身或雏型。如石岛—永兴岛礁坪东缘的潮汐沙坝(图6),它向礁坪内侧堆积,高潮时波浪越顶推进,使堆积体后缘呈约 35° 的陡坡,一触即崩。越顶的波浪下落时形成一条深水带——礁塘。而迎浪坡面是平缓的(约 $5^\circ-7^\circ$)。由于流速大,形成砾滩。沙洲由于没有植被保护,变动也是明显的。如全富岛,1975年3月与1976年5月相比较,岛屿向南迅速扩大了(图7)。其北部岸滩有海滩岩分布,低潮时局部出露。它的南部沙咀发育,有围封泻湖趋势,堆积旺盛,粒度比北岸为细。即使有植被覆盖的砂岛,也在变动之中,只不过其速度和幅度要小一些。如赵述岛,其北岸、东北岸段的海滩岩受强烈侵蚀,而沙粒在西南方向堆积,东北风向是主导的,但从沙咀前端的转向也反映了西南季风的次要作用。在两个季风的交替作用下,使它朝西南方向伸长加宽(图8)。又如在永乐环礁南部的晋卿岛,西南季风的影响起主导作用,在东北部发育了沙咀,松散堆积物朝东北这个总方向变动。但从沙咀末端的小转向,也可以看出东北季风的次要作用(图9)。总之,由松散堆积物所组成的各类地形都处在不同程度的变动之中。

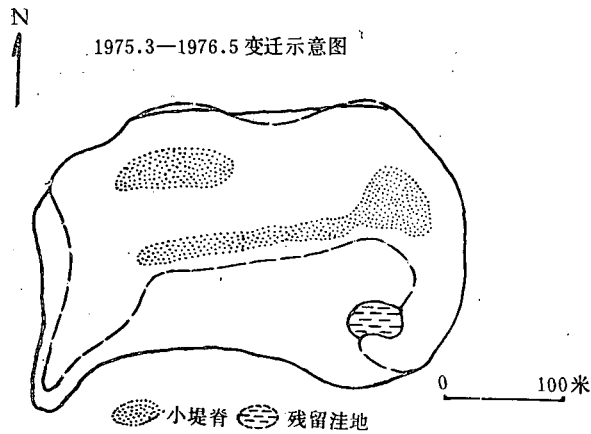


图7 全富岛
 ---- 1975.3 轮廓线 ——— 1976.5 轮廓线

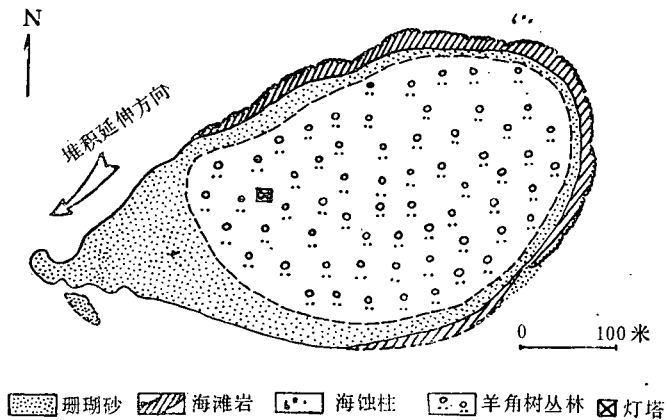


图8 赵述岛示意图

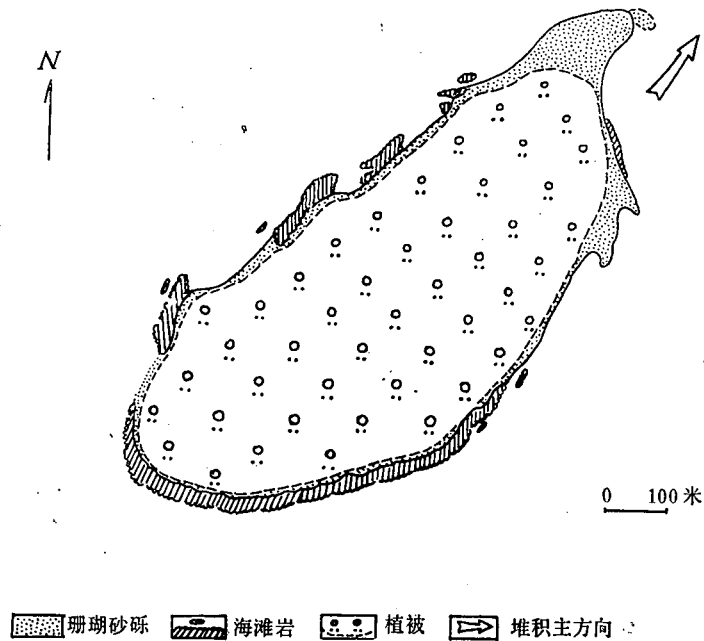


图9 晋卿岛示意图

参 考 文 献

- [1] 马廷英, 1937. 造礁珊瑚的成长率及其与海水温度的关系, 中国古生物志乙种第十六号第一册, 1—7 页。
- [2] 黄金森, 1965. 海南岛南岸与西岸的珊瑚礁海岸。科学通报 1: 85—87。
- [3] 鲁欣, JI. B., 主编, 1964. 沉积岩石学手册。中国工业出版社, 59—77 页。
- [4] 琼斯, O. J., 1959. 微体化石概论。科学出版社, 158—189 页。
- [5] 列昂杰夫, O. K., 1965. 海岸与海底地貌学。中国工业出版社, 29—79 页。
- [6] Wells, J. W., 1957. Coral Reefs. Treatise on Marine Ecology and Paleocology. vol. 1 Ecology, Chapter 20. pp. 609—631.
- [7] Bathurst, R. G. C., 1971. Carbonate Sediments and their diagenesis. Developments in Sedimentology 12, Elsevier publ., pp. 528—620.

A PRELIMINARY ANALYSIS OF THE GRAIN SIZE AND COMPOSITION OF THE LOOSE SEDIMENTS IN THE XISHA ISLANDS, GUANGDONG PROVINCE, CHINA

Zhong jinliang and Huang jinsen

(*South China sea Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

On the basis of geological and geomorphological observations for a number of years in the Xisha Islands, 24 samples of sediments have been selected from 14 coral reefs and bars for microscopic analysis of grain size and biological composition.

6 categories have been identified according to quantity and gravimetry. They are: gravel, grouan, coarse sand with fine granel, medium coarse sand with fine gravels, coarse sand and medium sand. The mixed types of fine gravel and coarse sand predominate, amounting to 62.5%. A common characteristic of the sediments is their well sorting, high sphericity, and low sphericity. On the same island, grain size differs in different localities.

Of the Xisha Islands, the Pyramid Rock is a unique volcanic island, where ash deposits are found. Elsewhere, the loose materials are mainly of coral fragments which may amount to 55—80%. Shell fragments come next, being about 15%. Calcareous algae, foraminiferal duricrust, zooecia stereoplasm, make up 1—6%. All these are principally carbonates in composition, with a small percentage for the non-carbonates.

The analysis shows that the curve of grain size percentage does not conform with that of gravity percentage (Fig. 1—4). It necessitates some consideration regarding nomenclature.

The growth rate of the Xisha coral reefs has been proved to be faster than that of the sediments (0.3 cm/yr. against 0.15 cm/yr.).

Three types of sediments have been recognized. They are, according to the sequence of development, the tidal sand bank—the sand bar—the sand island. Most of the sediments extend S or SW-wards, reflecting the action of N and NE winds. These sandy sediments are not protected by vegetation, and are frequently changed in shape and size.

The beach sediments are the source of beach rocks representing the earliest type of carbonate rocks. Annular cementation of the beach rocks is composed principally of aragoniteneedles. Another type of cementation is achieved by the porefilling with aragonite and high Mg-Calcareous muds.