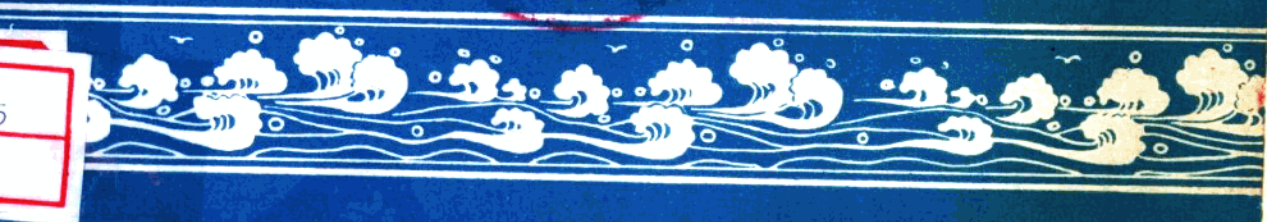


南海海岸地貌学论文集

第三集

(内部资料 注意保存)

253



中国科学院南海海洋研究所

南海海岸地貌学论文集

第三集

中国科学院南海海洋研究所

1978

目 录

西沙群岛现代海滩岩的岩石学

黄金森 朱袁智 沙庆安..... (1)

西沙群岛松散堆积物的粒度和组分的初步分析

钟晋梁 黄金森..... (16)

伶仃洋航道选线问题调查报告

赵焕庭 赵艳冰 王文介 程明豪 邱 章 李平日..... (28)

榕江口动力地貌与拦门沙的发育

宋朝景 黄金森 张乔民 李永兴..... (63)

洋浦港港湾地貌的形成和发育

王文介 李春初 杨干然..... (80)

湛江湾调顺东南段泥沙回淤调查报告

张乔民 陈华堂 徐锡桢 邱 章 曾流明..... (101)

珠江三角洲的沉积相与肥水的分布规律

吴文中 徐国璇 陆国琦 李孔宏..... (122)

西沙群岛现代海滩岩的岩石学

黄金森 朱袁智 沙庆安*

(一九七七)

一、引言

我国美丽富饶的西沙群岛,位于海南岛东南方一百八十海里的南海西北部台阶式大陆坡的西沙台阶之上,由近四十个岛、洲、礁、滩组成^D。其中岛屿部分,除高尖石是由火山岩构成的以外,其余均为珊瑚礁岛屿。现在堆积在各岛上的沉积物都是沉积在原生礁坪上的珊瑚及其他生物碎屑砂砾,除石岛和石屿以及和五岛(东岛)东北部的已胶结成岩外,其余诸岛上的沉积物目前仍呈松散状,所以它们也都是些砂岛。许多岛屿中部曾发育了泻湖(现已干涸),内产鸟粪,其下伏的生物碎屑砂砾多被磷质胶结,部分砂砾已为磷质交代。在各砂岛的外缘,普遍具有几米到几公里宽窄不一的潮间带,即海滩。在海滩的生物碎屑砂砾正在胶结成岩,这就是一般所称的海滩岩,它是以形成的地貌单元命名的。研究地区的海滩岩全是由碳酸盐矿物所组成,故可按碳酸盐岩命名为生物(砂、砾)屑灰岩,或进一步称为珊瑚(砾)屑灰岩或有孔虫珊瑚藻屑灰岩。按碎屑命名又可称为“珊瑚砾(或砂)岩”等名称。

本文所介绍的海滩岩标本,分别采自全富岛、珊瑚岛、甘泉岛、金银岛、羚羊礁、晋卿岛、华光礁(觅出礁)、盘石屿、中建岛、树岛(赵述岛)、北岛、东岛(和五岛)、石岛和永兴岛等。其中部分标本采自一些岛屿的陆上、中部泻湖、水下礁坪和水下较深部位。

这里综合介绍了各岛屿海滩岩的岩石学特征,并着重讨论了胶结作用,为了进行比较讨论,也涉及到一些陆上、泻湖及水下的标本。

二、沉积环境概述

西沙群岛及其邻近海域地处热带,为现代海相碳酸岩的形成提供了适宜的环境。礁坪前缘一般是高能碎浪带,礁坪的珊瑚礁、珊瑚及其他海洋生物遭受浪蚀破碎,部分碎屑物质堆积在礁坪上,部分被研磨搬运到砂岛边缘的潮间带,成为海滩岩沉积——成岩的物质基础。潮间带环境的海滩岩,常可见波痕、交错层、潮沟、溶穴及穴居生物钻孔等沉积构造。

*沙庆安在中国科学院地质研究所工作。参加室内分析研究和本文执笔。

^D黄金森、朱袁智、谢以重、陈绍谋(1975):西沙群岛及其邻近海域地质地貌特征,《西沙群岛海区综合调查初步报告》,中国科学院南海海洋研究所。

西沙群岛海域潮间带的水文学特征, 根据1974年5月航次调查^D归纳如下:

各测站海面水温约为 29.4°C 左右, 均略高于各测站的气温。但值得注意的是盛夏季节, 露出的砂质海滩表层温度达 40°C 左右, 有助于海滩水分蒸发。从5月份的资料分析来看, 在初夏期气温回升, 风力较弱, 海水分层现象比较明显, 对潮间带而言, 它包含在0—30米这一薄的均匀水层内, 水温均匀一致。在30米深处, 水温约为 29°C 。表层水温的日变化趋势与气温的吻合, 表层水温的日振幅不大, 晴天约 1°C , 阴天为 0.5°C 左右。

西沙潮间带海水盐度约为33.40‰, 而且日周期变化极微小。

西沙潮间带, 受0—70米这一表层水团的活动影响, 就5月份来讲, 该水团的水温仍在 23°C 以上, 盐度为33.40~34.20‰。

1974年5月15—30日, 先后在珊瑚岛、中建岛、晋卿岛、永兴岛和东岛的附近海面, 进行五个连续站的海流测量工作。得知本区是属于不正规日潮流性质, 潮流基本上是旋转流, 个别测站受海底地形影响出现往复流。最大潮流流速为65厘米/秒。在西沙, 5月份偏南风已居主导地位, 相应形成较为稳定的偏北方向的漂流(“冬”半年在东北风支配下形成西南向漂流)。各测站的余流流速从17—65厘米/秒不等。其中, 中建岛附近海面余流流速最大, 达65厘米/秒, 晋卿岛附近海面余流流速仅有17厘米/秒。

三、岩石学特征

1、岩性综述

西沙群岛海滩岩的砂砾碎屑的组分大致相似, 主要组分是各种珊瑚及瓣鳃类等, 显微镜下所观测到的砂粒颗粒组分按其含量由多到少是: 珊瑚、红藻(珊瑚藻), 有孔虫、瓣鳃类, 绿藻类(仙掌藻)、棘皮类、腹足类、苔藓虫及蠕虫等生物砂粒。海滩岩中的有孔虫, 据标本镜鉴发现以缘孔虫(*Marginopora*)、双盖虫(*Amphistegina*)和假轮虫(*Pseudorotalia*)为主, 尚有小粟虫类(*Miliolinids*)。石岛陆上岩石中的砂粒组分与其他岛屿不同, 主要是由珊瑚藻及有孔虫所组成。其中有孔虫包含有抱球虫类(*Globigerinids*)、小粟虫类(*Miliolinids*)、轮虫类(*Rotaliids*)和缘孔虫(*Marginopora*), 此外还有堆虫(*Sorites*)。由于这些砂岛的组分基本上是由海浪破碎礁坪搬运而堆积起来的, 所以岛屿上的物质组分除海洋生物碎屑外, 基本上没有其他岩屑或矿物颗粒, 例外的是东岛的样品中, 曾发现长石类矿物, 它们可能来源于附近的高尖石(由火山岩构成, 钾—氩法测年为2.05百万年)。

海洋生物碎屑颗粒一般占岩石的50—85%。岩石的粒间孔隙发育, 生物孔隙亦多未胶结充填, 孔隙度约占10—45%。胶结物和基质约占5%左右, 主要发育在颗粒的周边和部分较小的粒间孔隙中, 但岩石一般胶结较坚硬, 锤击也难于破碎, 只有全富岛的海滩岩胶结较差。

通过染色法发现, 组成生物骨壳和胶结物(或基质)的那些不稳定或亚稳定矿物——文

^D中国科学院南海海洋研究所水文学室(1975): 西沙群岛海域海洋水文考察初步报告。《西沙群岛海区综合调查初步报告》。中国科学院南海海洋研究所。

石和镁方解石，均未发生转化，估计部分生物骨壳中镁方解石中的镁可能部分逸出。显然，到目前为止，各岛屿的海滩岩所发生的成岩作用变化仅仅是胶结作用。

2、颗粒机械组分

潮间带是周期性干湿交替的水动力高能区，在潮间带的松散沉积物分选的主导因素是波浪作用，在24个松散沉积物的样品中，除5个样品的 So （分选系数）稍大于1.58外，其余都在1—1.58之内^D，这不仅反映了多数岛屿波浪作用的近似性，而且说明沉积物分选性良好。这些松散沉积物还具有磨圆度较好而球度较差的特点。

在潮汐作用下，潮间带松散沉积物一般是涨（潮）积粗落（潮）淤细，致使沙滩沉积层呈现粗细相间的层理（每层厚度<10厘米，个别可达30厘米），层理一般向海方倾斜（倾角 10° 左右），反映海滩的原始坡度这些现象也清楚地表现在已胶结的海滩岩的自然剖面上。

在同一个砂岛或砂洲，方位不同的岸滩沉积物的粒度有别，一般迎盛行风的岸滩，沉积物中径（ Md ）较大。如位于永乐环礁的北环的全富岛，在“夏”半年受西南风影响，“冬”半年的盛行风是偏北风，由它们形成的波浪作用，致使岸滩沉积物的粒度变化很大，北岸中径（ Md ）达7.8mm，西南岸为1.04mm而东岸和南岸的岸滩沉积物的 Md ，分别为0.65mm和0.78mm。又如，永乐环礁的南部，受西南季风强烈作用，使琛航岛西南岸在强浪作用下堆积了羽状珊瑚砾石堤，这些砾石的 Md 为100—200mm，而该岛的西北岸滩沉积物 Md 仅有0.7mm，二者极为悬殊。

3、岩石化学

我们对七个海滩岩和石岛陆上三个岛礁岩石进行了光谱半定量全分析，其中八个做了钙镁化学分析，海滩岩及石岛陆上标本各做了一个化学全分析。分析结果表明，海滩岩与岛礁的化学成分，除磷与锶的含量有稍大差别外，其他成分基本相近（表1）。其中 CaO 占49.87~52.30%， MgO 和 SrO 的含量均在1%以下，它们在各样品中的总和只占1.68%和1.89%。光谱分析中含量在1%以下的可见元素有 Al 、 B 、 Bi 、 Cr 、 Cu 、 Mn 、 Na 和 Ti 等，它们的含量为0.92~3.83%。

很明显，由于西沙群岛诸岛的岩石绝大部分是由生物骨壳碎屑和少量文石和方解石胶结物所组成，而几乎完全没有其他陆源岩屑和矿物，所以各种元素组分完全来源于生物骨壳。

钙是岩石中的主要成分，它广泛地来源于岩石中文石质和（镁）方解石质的生物骨壳以及文石质和镁方解石质胶结物或基质。 CaO 含量达50%以上，它与灼烧减量（主要是 CO_2 ）一起总量占95%以上。

镁的含量为0.88—3.20%。因为礁中无菱镁矿及白云石，含镁较高的是由高镁方解石组成的棘皮类、红藻和有孔虫等生物骨壳碎屑，镁量的变化主要取决于棘皮、红藻和有孔虫等生物碎屑的多少。如10—2样品，采自水下礁坪的原生礁，全由珊瑚（文石）组成，且无胶结物，故镁含量最低（0.88%），而钙量则最高（52.30%），表明珊瑚（文石）中含镁低。1—2、47—8和65—2标本中，棘皮和红藻和有孔虫较多，故镁量也相应增高，分别为3.20%、2.40%、2.73%。其余各标本中，镁量为1.36%—1.82%。分析结果表明，镁量较高者，则钙量相应减少；镁量较低者，则钙量较高。不过由于镁方解石不稳定，随环境条件变化极易丢失，如当岩石暴露地表而遭受淡水作用，则高镁方解石质生物骨壳中的镁很快逸

^D钟晋坚、黄金森（1977）：西沙群岛松散堆积物的粒度和组分的初步分析。载于本论文集。

表1 西沙群岛礁岩化学及光谱半定量全分析结果%

1977年4月

样 号		76-1-2	76-10-2	76-13	76-15-1	76-17-3	76-47-1	46-47-3	76-47-5	76-65-2	76-72-2
位 置		金银岛 西北岸	金银岛 南礁坪	晋卿岛 东北岸	晋卿岛 东南岸	晋卿岛 西南岸	石 岛 剖 面	石 岛 剖 面	石 岛 剖 面	树 岛 南 岸	树 岛 北 岸
层 位		低潮线	水 下	平均 潮位线	低潮线	低潮线	下	中	上	平 均 潮位线	中
产 状		海滩岩	海滩岩	海滩岩	海滩岩	海滩岩	岛 礁	岛 礁	岛 礁	海滩岩	海滩岩
化 学 分 析	CaO	49.87	52.30	51.33	51.92	52.01	51.76	50.52	52.22	50.66	51.81
	MgO	3.20	6.88	1.73	1.36	1.52	1.75	2.47	1.82	2.79	1.58
	灼 烧 减 量					44.12			43.36		
	SiO ₂					0.62			0.66		
	P ₂ O ₅					0.21			0.87		
	SrO					0.65			0.26		
	Fe ₂ O ₃					0.20			0.10		
光 谱 分 析	Al	0.05	0.03	0.06	0.04	0.07	0.03	0.3	0.05	0.1	0.06
	B	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.008	0.008	0.01	0.1
	Bi	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	Cr									0.003	
	Ca	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
	Cu	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003	0.001	0.004	0.002	0.003	0.003
	Fe	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3
	Mn					0.005		0.01	0.005	0.005	
	Mg	3	1	3	2	3	3	3	3	3	3
	Na	0.05	0.1	0.1	0.06	0.07	0.04	0.05	0.03	0.03	0.08
	P			0.3	0.1	0.3	0.1	0.4	0.6	0.1	0.1
	Si	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
	Sr	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3
Ti	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	

出(沙庆安、赵希涛, 1975, 未刊稿; Friedman, G.M., 1964)。

硅在分析的各标本中都有存在, 但含量低、光谱分析为0.1—0.3%, 两个样的化学全分析结果, SiO_2 分别为0.62%和0.66%。但在薄片鉴定中, 未发现硅质矿物, 推断它可能来源于各种藻类、珊瑚或海绵动物。它们当中硅的含量一般可达百分之几到百分之十几(Wolf, G.V. et al, 1967)。

磷在各样品中含量变化较大(0.21—0.87%), 一般情况下可来自某些生物骨壳, 如各种藻类、苔鲜虫、珊瑚和软体动物等, 其含量可达百分之几左右(Wolf, G.V. et al, 1967)。而47—5为石岛的虫藻灰岩, 肉眼观察中可见到鸟粪物质, 故磷量稍高(0.87%), 可能与此有关。在西沙部分岛屿中部泻湖由于大量鸟粪堆积, 经淋滤作用, 大量磷质向下渗流并胶结了松散的生物碎屑颗粒, 有的并发生溶蚀交代作用。

铁在各样中都存在, 光谱分析结果, 其含量为0.1—0.3%, 17—3和47—5样的化学分析结果分别为0.20%、0.10%。它也是各种生物骨壳中常见元素之一。珊瑚、藻类、有孔虫、瓣鳃类和腹足类等普遍含铁, 一般可达百分之几(Wolf, G.V. et al, 1967), 或10—350 ppm(藤贯正, 1975)。

锶, 除某些藻类和节肢动物外, 其他各种生物骨壳中普遍存在, 其中以珊瑚(文石质)中的含量最高, 可达10,000ppm(Wolf, G.V. et al, 1967)。我们所采样品中锶的含量约0.1—0.6%, 其中样品17—3 SrO_2 含量达0.66%, 而47—5中含量为0.26%; 前者元素是文石质珊瑚碎屑组成的珊瑚屑灰岩, 而后者主要是高镁方解石质珊瑚藻和有孔虫碎屑组成的虫藻灰岩。这反映了已知的事实, 即 Sr^{+2} 偏向于进入斜方晶系的文石, 而不易进入三方晶系的方解石或白云石(Bathurst, R.G.C., 1971; 藤贯正, 1975)。据资料得知, 在海水中生物沉淀 CaCO_3 时, 文石中 Sr^{+2} 可达8,500ppm, 而方解石中 Sr^{+2} 仅1,200ppm(Kinsman, J.J., 1969)。锶同其他微量元素一样, 在成岩变化过程中含量一般都要减少(Kinsman, J.J., 1969), 有的认为在同一环境条件下(海底), 老的软体动物壳体中的锶比新鲜的要增加百分之十几(Polifk, J.R. et al, 1967)。

4、胶结作用

对西沙群岛现代海滩岩的观察表明, 到目前为止, 它们所发生的成岩作用主要是胶结作用, 这里的胶结作用进行得相当快, 如在博鳌岛、金银岛和珊瑚岛的海滩岩中, 发现有玻璃碎片和铁片被胶结在里面。在赵述岛的海滩岩中, 1976年掘到一枚明洪武通宝, 并发现一大砖头已被胶结。据此通宝可知, 这里海滩岩的形成历史仅在六百年以内。这种胶结作用近期仍在进行中。据国外报导, 在太平洋的一些地区有第二次世界大战的头盔和弹皮以及其他人造制品等物已被胶结在海滩岩内, 这才不过距今几十年的时间。另有在印度洋的一些地区, 在海滩上一年内就有一片新的石化了的露头被开采用来做建筑材料(Bricker, O.P., 1971)。

胶结物及胶结类型: 通过染色方法确定, 西沙群岛现代海滩岩的胶结物质有二。一是文石, 或是呈针状文石垂直于碎屑颗粒向外生长, 构成一层包皮(或环边), 或是呈文石泥(泥晶)包裹着颗粒或填积于颗粒孔隙空间; 另一是镁方解石泥(泥晶), 它与文石泥混合填积于颗粒间的孔隙, 这些泥中常混有粉砂级文石质和镁方解石质生物碎屑。文石针与文石泥和镁方解石泥或单独存在或先后不同的发育在岩石中, 这样就构成复杂的组合类型。这是

由于它们所经历的沉积环境条件的不同所决定的。西沙群岛表层海水的水化学组分、气候条件及潮汐是相近似的,因而,控制它们的因素可能是岩石所在岸滩的方向、水动力的强弱、潮间带微地貌变化、距海距离以及形成时间的早晚等。

根据不同的组合情况,可归为以下三种类型:

(1) 文石泥及文石针环边

这是现代海滩岩最常见的一种胶结类型。在显微镜下观察,岩石中各粒屑外先包裹一层深暗的不显晶粒的文石泥,一般厚约0.02--0.03mm。文石泥之外再为文石针构成环边,文石基本垂直于粒屑表面定向排列,其大小均匀,文石针一般长0.02—0.05mm。在粒屑靠近处它们相互衔接,较大的粒间孔隙均未填满。这种胶结类型以珊瑚岛、金银岛、甘泉岛和晋卿岛的海滩岩为代表(图版I—1、4、5、6)。甘泉岛海滩岩中的文石针发育得较粗,晶形较好(图版I—7)。晋卿岛海滩岩中在文石针环边外,还常有一薄层的文石泥,在一些粒间孔隙中常发育了文石泥与文石针的多次交替,即多世代的胶结现象(图版I—1、2)。

由于底质对胶结物的控制作用,在珊瑚岛海滩岩中常见到高镁方解石质有孔虫的壳体上还没有文石针沉淀生长(图版I—2),当然最终它们都会被文石针胶结。这个现象表明,在高镁方解石骨壳颗粒上文石的成核生长要难些。相反,在文石质珊瑚屑上文石易于成核生长并且与珊瑚骨骼中的纤维状文石共轴衔接生长,成为一个晶体,同时消光(图版I—3、I—1、2)。

这种底质控制胶结物成核生长的情况,同样发生在大气淡水作用下的方解石胶结过程中。

(2) 文石针环边+文石、高镁方解石泥及粉砂屑

这种胶结类型是在粒屑外先有一层文石针环边,在文石针环边之外为磷酸盐泥和少量粉砂屑填于部分粒间孔隙。由于这些泥砂是由各种生物骨壳所组成,其矿物成分不外是文石和高镁方解石。因为它们是机械填积的,所以分布不均匀,有的地方有,有的地方缺失,其厚度也不一。如北岛海滩岩所见即是(图版I—8、9)。在这种填积过程中,泥砂物质最易集中在颗粒相接近处,故常形成“桥”式胶结现象(图版I—8),这很类似于渗流带粒状方解石胶结物所形成的“新月型”胶结(Dunham, R.J., 1971)。

在北岛海滩岩的这种胶结填积过程中,有的粒间孔隙也发育了如同晋卿岛海滩岩那样的文石泥与文石针的多次交替现象(图版I—10)。

(3) 文石、高镁方解石泥及粉砂屑+文石针

这是与类型(2)相反的一种类型,即在颗粒局部地方或整个颗粒周围先填积了厚薄不一的碳酸盐泥,再向外生长文石针。碳酸盐泥主要是文石泥或有高镁方解石泥,其中混杂有文石质和高镁方解石质生物粉砂屑。这种类型以赵述岛海滩岩为代表(图版I—3、4)。永兴岛海滩岩的胶结情况虽然也属此类,但极不发育,只是在颗粒相接触处及少数颗粒外填积了泥及微量生物粉砂屑,文石针也只是在这些泥砂基质上生长,而不构成环边包绕着粒屑(图版I—5、6)。全富岛海滩岩的胶结情况与永兴岛海滩岩相似,但只在粒间孔隙处填积了生物粉砂屑,极少碳酸盐泥,文石针只发育在这些粉砂屑粒上,而且稀疏细小。粉砂屑多在0.03mm左右,文石针长约0.01mm(图版I—7、8)。类型(3)中也有类似于类型(2)的“桥”式胶结现象。此外,北岛海滩岩局部也发育了类型(3)胶结。

还需指出的是,所见海滩岩中的碳酸盐泥(文石及高镁方解石)及其中混杂的生物粉砂屑,绝大部分无疑是在波浪作用下机械填积的,但是,有些海滩岩中这种泥很可能是由生物成有机质的参与下形成的,它们在部分碎屑颗粒周围造成文石或高镁方解石的沉淀,因而形成了厚度不一,形状复杂的泥皮,同时粘结了一些外来的粉砂屑。

5. 比较与讨论

海滩岩在我国除西沙群岛广泛发育之外,在海南岛也有现代的和全新世的海滩岩。它们的胶结作用发育情况有相似和不同之处。海南岛南岸东瑁岛海滩岩的胶结类型与西沙群岛珊瑚岛的海滩岩完全一样,即由文石泥及文石针构成环边(沙庆安等,1975,未刊稿)。东瑁岛海滩岩的颗粒组分也完全是由生物骨壳碎屑组成,它们来自周围的礁坪,其形成条件类似于西沙群岛。由文石针胶结广泛见于世界各地的海滩岩中,如波斯湾(Taylor, J.C.M. & Zilling, L.V., 1969);开曼岛(Moore, C.H. Jr., 1971, 1973);地中海(Friedman G. 及 Gavish, E., 1971);巴哈马(Zilling, L.V., 1964);英属洪都拉斯(Stoddart, D.R. & Cann, J.R., 1966; James, N.P. et al, 1976);澳大利亚大堡礁(Davies, P.T. & Kinsey, D.W., 1973)等等地区,这些地区的海滩岩绝大多数是发育在由珊瑚礁所构成的岛屿上。

西沙群岛海滩岩没有海南岛崖县天涯海角现代海滩岩中那样的胶结物。后者是在石英砂粒间完全为高镁方解石泥(晶)胶结物。类似的镁方解石泥胶结类型也见于其他地区,如意大利西海岸(Alexanderisson, T., 1969)和英属洪都拉斯伯利兹礁岛上(James, N.P. et al, 1976)。另外,海南岛西南岸莺歌海海滩岩的胶结物则主要是由柱状(或层状)高镁方解石组成(沙庆安等,1975,未刊稿)。这种胶结类型曾报导于巴巴多斯岛(Alexanderisson, T., 1969)和波斯湾卡塔尔半岛(Taylor, J.C.M. & Zilling, L.V., 1969)等地。这些不同类型的变化显然是因环境条件不同所引起的,从它们所处的地理部位、气候、水文等条件对其成因机制大致可以推测判断,但是还有不少相互矛盾的情况,对其成因机制的许多细节还难于得到精确解答(见Bricker, O.P., 1971; Bathurst, R.G.C., 1971; Milliman, J.D., 1974)。

西沙群岛海滩岩中文石针与碳酸盐泥的混合类型,在海南岛还未见到。混有粉砂屑的碳酸盐泥与文石针的形成条件显然不同。后者是在颗粒孔隙充满饱和碳酸钙溶液,并以文石生长于颗粒周围,而前者则是由波浪携带泥砂物质机械填于它能进入或渗入的粒间孔隙,不规则地堆积于粒间空间,特别是颗粒相靠近处。这些产出情况表明,当时它很可能一度处在潜面之上,浪花飞溅地带,因而常出现“桥”式胶结现象。碳酸盐泥及粉砂的填积,非常类似于“渗流粉砂”(Dunham, R.J., 1969)。这种混合胶结类型也见于卡塔尔半岛(Taylor, J.C.M. & Zilling, L.V., 1969)。

西沙群岛海滩岩的胶结类型与早期暴露地表、受大气淡水作用的岩石的胶结类型完全不同。如西沙群岛的石岛,在那里已暴露地表胶结成岩的生物屑灰岩(虫藻灰岩, C¹⁴测年为14130±450年),完全是由粒状方解石胶结的。方解石晶粒大小在0.02—0.05mm间,它们充填于粒间孔隙或生物孔隙里(图版Ⅰ—1、2)。但是局部受到底质的影响,如在纤维状高镁方解石质有孔虫壳体周围则沉淀着呈共轴衔接生长的纤维状方解石(图版Ⅰ—6)。局部由于大气淡水的作用,许多文石质壳体被溶解淋滤而留下孔洞(图版Ⅰ—3),有的再为粒状方

解石沉淀充填,有的方解石菱形晶体完好(图版Ⅰ—4,5)。另外,在大气淡水作用下,组成生物骨壳的文石和高镁方解石已转化为方解石和低镁方解石。在现代海滩岩中则尚未发生变化,这固然可能会受到形成时间早晚的影响,但这种转化作用更重要的原因可能是环境的改变所引起的。上述这些现象也常见于海南岛沿岸已暴露地表全新世的生物屑灰岩中(沙庆安, 1977)。有关淡水作用下的胶结作用及其他成岩作用现象,兰德等人(Land, L.S. et al, 1967; Land, L.S., 1970)和弗利德曼(Friedman, G.M., 1975)均曾做过较好的论述。本文作者之一曾有意将这种海相沉积物由于早期暴于大气下受到淡水作用胶结成岩的岩石称为海相藻层灰岩(海相淡成灰岩),以强调其地质意义^D。

西沙群岛岛屿中部干涸泻湖里的生物屑灰岩的胶结类型更为特殊。由于鸟粪层的堆积,所以生物碎屑的胶结物主要是从上复鸟粪层淋滤下来的磷质,一般是胶磷矿,偶而有细晶磷灰石(鸟粪 P_2O_5 含量从5.2—32.0%不等,图版Ⅰ—7),因为磷质与钙质的交替沉淀,故常形成二者相间出现的交替层纹状胶结(图版Ⅰ—8)。有的因环境的变迁,在磷质胶结层之后再为碳酸盐泥砂充填胶结(图版Ⅰ—9)。

至于与海洋环境里的潮下胶结作用相比较,从我们目前所采得的海底标本中尚未发现有胶结物生长,但从文献中得知,许多海底碳酸盐胶结物是由文石或高镁方解石晶粒构成的(见Millman, J.D., 1974)。这里不做比较讨论了。

6、溶蚀作用

在潮间地带固然主要的成岩作用现象是胶结作用,并由此而迅速石化形成海滩岩。虽然海滩岩的胶结物是从海水中获得的,但是也应指出,热带表层海水对碳酸盐岩会产生溶蚀作用,尤其是在潮间带的环境下,周期性浸湿和晾干,碳酸盐岩的溶蚀分解最明显,海水常常要比淡水还积极。在自然条件下,碳酸盐岩的分解速度随着温度的升高而增强^②。温度升高固然会使海水中 CO_2 溶解量减少,但化学溶蚀力却反而大为增强,后一变化的效果远较前一变化为大,这就解释了海濱岩溶的最发育地带,仍然是在热带海区。礁坪上的岩溶形态是这方面很好的实例,在石岛隆起礁(这里交错层理非常发育)的沿岸地带,岩溶现象相当发育。海滩岩表面的溶坑与“痘斑”,也是很好的例证。因此,在考虑海滩岩的沉积环境时,对于海水的溶蚀作用是不可忽视的一个因素。

四、结 语

西沙群岛绝大多数岛屿是由生物礁构成的。在各岛屿的潮间带沉积的大量钙质生物骨屑砂砾现已不同程度地胶结成岩——现代海滩岩。它们的砂砾组分主要是珊瑚、珊瑚藻、有孔虫、瓣鳃类、绿藻、棘皮类和腹足类等。岩石中颗粒占50—85%,胶结物或基质占5%左右,孔隙度占10—45%。

^D沙庆安(1977):我国南海现代和全新世海相碳酸盐岩的成岩作用——兼谈“海相藻层灰岩”(海相淡成灰岩)及其意义(待刊稿)。

^②黄金森等(1966):海南岛珊瑚礁海岸调查报告,《南海海岸地貌学论文集》第二集,中国科学院南海海洋研究所,1976

对潮间带松散沉积物的分析得知,分选系数(S_o)在1—1.58之间,少数大于1.58。由于盛行风的影响,一般在迎风方向颗粒中径(M_d)较大,背风方向较小。

海滩岩的化学成分,以氧化钙为主,约占49.87—52.30%,氧化镁0.88—3.20%; SiO_2 、 P_2O_5 、 Fe_2O_3 和 SrO 的含量均在百分之一到千分之一,光谱分析中含量在千分之一以下的可见元素有Al、B、Bi、Cr、Cu、Mn、Na和Ti等。

潮间带是周期性湿干的水动力高能环境。西沙群岛海滩岩的胶结作用是在温暖海水介质中进行的。其胶结物主要是文石针,它构成环边胶结,另一种是混有生物粉砂屑的文石和高镁方解石泥的机械填积。这二者可或先或后地交替出现,构成各种类型。

西沙群岛海滩岩中没有象海南岛沿岸海滩岩中的泥晶或柱状高镁方解石胶结物。海滩岩胶结类型与地表大气淡水作用下的粒状方解石胶结显著不同。

对现代已知其沉积——成岩环境条件的海相碳酸岩进行观察研究,将对认识和解释古代碳酸盐的沉积——成岩作用现象带来启示。

参加野外工作的还有南海海洋研究所宋朝景、许宗藩、钟晋梁、谢以董、周人初、陈绍谋和赵焕庭等,岩石薄片由地质研究所苏之臻制作,显微照片由地质研究所桂文立、王辽东摄制,作者在此一并表示感谢。

参 考 文 献

沙庆安,地质科学,1977,(2),172—178

黄金森,科学普及,1974,(10)

黄金森,科学通报,1985,(1),85—87

藤贯 正,海洋科学(日本),1975,(9)

Alexandersson, T., Sedimentology, 12, 1969, 47—61

Bathurst, R.G.C., Carbonate sediments and their diagenesis, Developments in sedimentology 12, Elsevier publ., 1971

Bricker, O.P.(ed), Carbonate cements The Johns Hopkins University studies in Geology No.19, The Johns Hopkins press., 1971

Davies, p.J. & Kinsey, D.W., Jour. sediment. petrol., 43, 1973, 59—81

Dunham, R.J., In: Friedman, G.M.(ed) Depositional environments in carbonate rocks, soc. Econ. paleontologists Mineralogists spec. publ. 14, 1969, 139—181

Friedman, G.M., Jour. sediment. petrol., 34, 1964, 777—813

—— & Gavish, E., In: Bricker, O.P.(ed) Carbonate Cements, The Johns Hopkins press., 1971, 13—16

—— Jour. Sediment. petrol., 45, 1975, 379—398

Illing, L.V., Am. Assoc. petrol. Geologists Bull., 38, 1954, 1—95

James, N.P. et al, Jour. Sediment. petrol., 46, 1976, 1—15

Kinsman, J.J., Jour. sediment. petrol., 39, 1969, 486—509

Land, L.S. et al, Geol. soc. Am. Bull., 78, 993—1006

—Sedimentology, 14, 1970, 175—185

Milliman, J.D., *Marine Carbonates*, springer-verlag Berlin—Heidelberg—New York, 1974

Moore, C.H.Jr., In: Bricker, O.P.(ed) *Carbonate cements*, The Johns Hopkins press., 1971, 9—12

—Jour. sediment.potrol., 43, 1973, 591—602

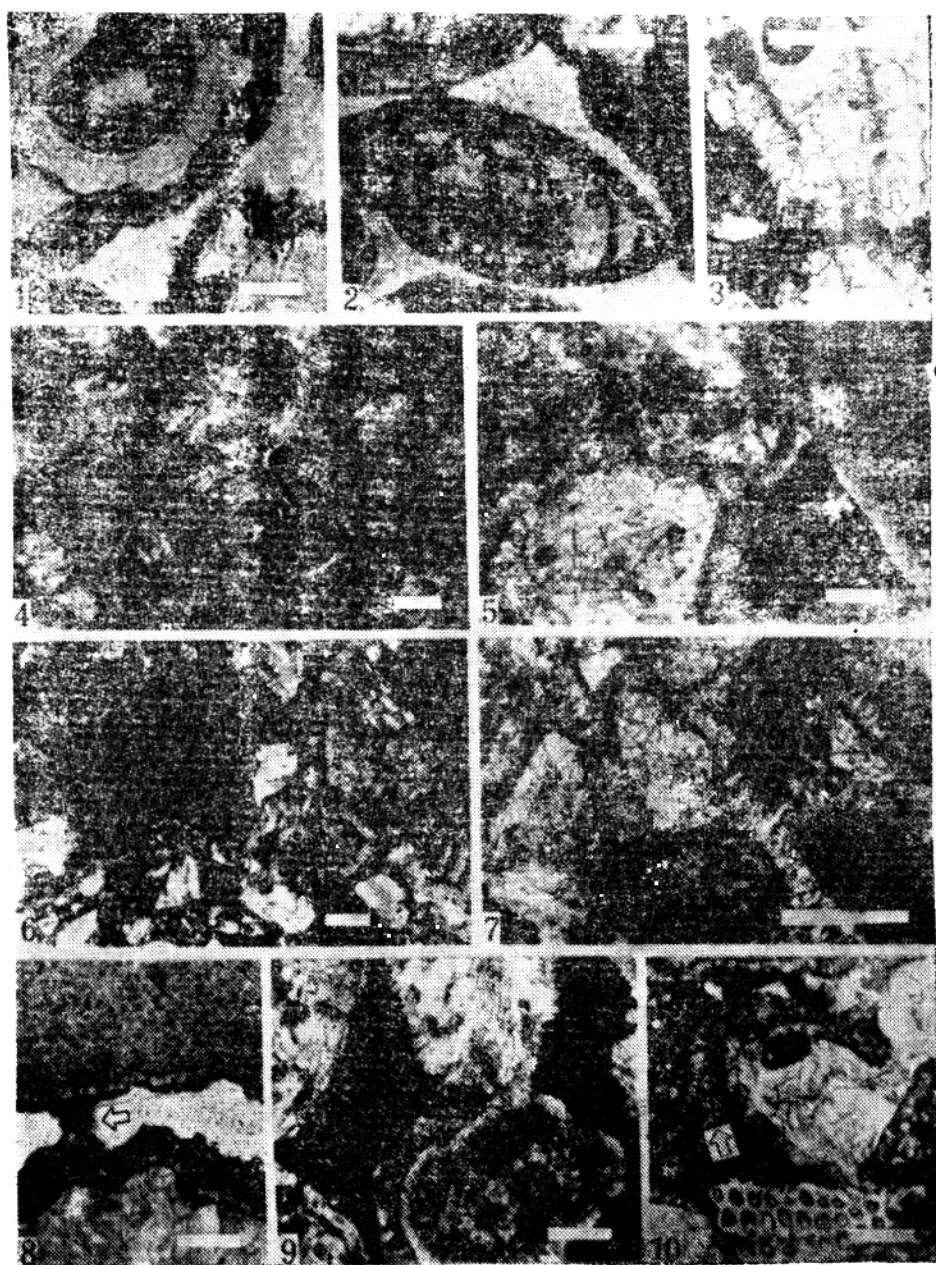
Polifka, J.R., *Nature phys.Sci.*, 240, 1972(100), 89

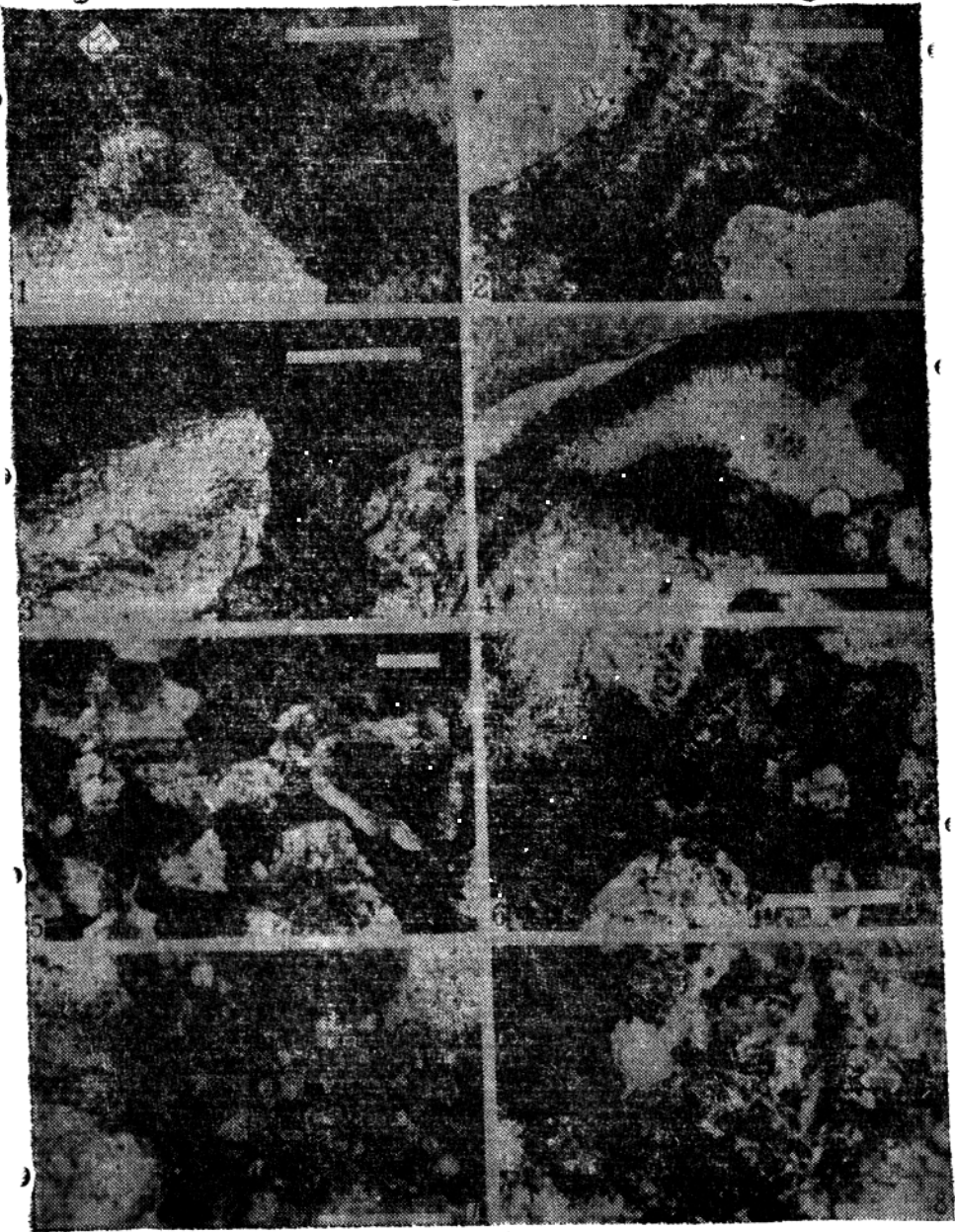
Stoddart, D.R. & Cann, J.R., *Jour.Sediment.Petrol.*, 35, 1965, 243—247

Taylor, J.C.M. & Illing, L.V., *Sedimentology*, 12, 1969, 69—107

Tietz, G. & Müller, G., In: Bricker, O.P.(ed) *Carbonate Cemenes*, The Johns Hopkins press., 1971, 4—8

Wolf, G.V.et al, In:Chilinger, G.V.et al (eds) *Carbonate Rocks, Developments in Sedimentology* 98, Elsevier publ., 1967, 23—149





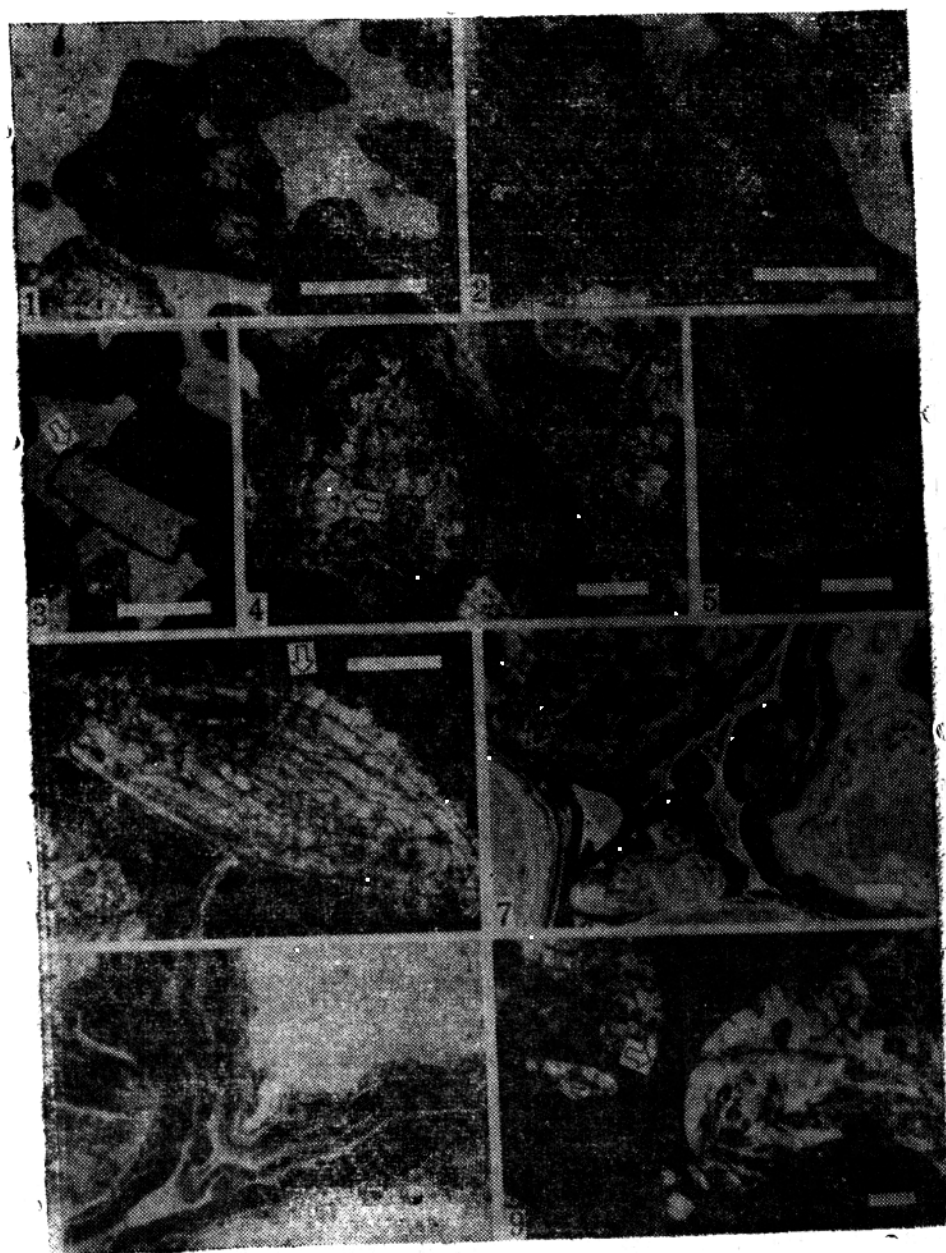


图 版 说 明

图版 I—1—10 (图内白线段长均为0.2毫米)

I—1 左上为复足类,文石质,纤维结构。右下为珊瑚屑,文石质,纤维结构。粒屑外均有一层厚约0.02毫米的文石泥,再外是长约0.05毫米的文石针环边胶结。珊瑚岛,现代海滩岩(74—3)。

I—2 下部为有孔虫,高镁方解石质,纤维结构,有孔虫壳外及内腔均无胶结物生长。右上珊瑚屑外有文石泥及文石针环边胶结。这是底质对成核作用的影响。同上。

I—3 珊瑚屑外的文石针胶结物与珊瑚的纤维状文石衔接生长,这是底质控制所致。同上。

I—4 中右为复足类(横断面),其他粒屑均为珊瑚,粒屑外为0.02—0.03毫米的文石泥,再外是长0.02毫米的文石针环边胶结。金银岛,现代海滩岩(74—11)。正交。

I—5 右侧为珊瑚藻屑,单偏光下色棕黄,中部有孔管,高镁方解石质,细粒状结构。其他粒屑为珊瑚,胶结现象同I—4。同上。正交。

I—6 左上为珊瑚藻屑,中右为有孔虫屑,右下为珊瑚屑灰岩砂砾(?)。粒屑外为文石泥及文石针环边胶结。甘泉岛,现代海滩岩(CR—3)。正交。

I—7 右下为珊瑚藻屑,其余为珊瑚屑。粒屑外均为0.01—0.02毫米的文石泥及0.1毫米的文石针(棒)环边胶结。同上。正交。

I—8 上为珊瑚藻屑,下为珊瑚屑。粒屑外先有一层文石针环边胶结,再外为厚度不规则的文石和高镁方解石泥及粉砂屑。似具受重力作用影响的分布现象(箭头)。北岛,现代海滩岩(CR—13)。

I—9 上为珊瑚屑,下为绿藻屑,左下为有孔虫屑,粒屑外先为文石针环边胶结,局部为文石和高镁方解石泥及粉砂屑(箭头)。同上。正交。

I—10 上为珊瑚屑,下为有孔虫。局部出现多世代文石针及文石泥胶结现象(箭头)。同上。

图版 I—1—8 (白线段除 I—8 为0.05毫米外,其余均为0.02毫米)

I—1 左右两粒屑外均为多世代文石针及文石泥胶结(箭头)。晋卿岛,现代海滩岩(74—20)。

I—2 左上为珊瑚屑,其外多世代文石针及文石泥胶结。局部文石针与珊瑚的纤维状文石衔接生长(箭头)。同上。正交。

I—3 两个珊瑚屑,局部先裹厚度不一的文石及高镁方解石泥及粉砂屑,再外为长约0.02毫米的文石针。树岛,现代海滩岩(74—35)。正交。

I—4 粒屑外的胶结物为厚度不一的文石和高镁方解石泥及粉砂屑,再外为文石针,