

我国西沙群岛第四纪生物沉积物及成岛时期的探讨*

卢滨涛 杨学昌 贾蓉芬

西沙群岛位于南海,北纬 $15^{\circ}46'$ — $17^{\circ}08'$,东经 $111^{\circ}11'$ — $112^{\circ}54'$,自古以来是我国的神圣领土。群岛中大量出土文物及历史记载都证明,早在1500多年前我国人民就已在此广泛从事生产活动,一直隶属我国政府管辖^[1-3]。

解放前,我国地质、土壤学者对西沙群岛等南海诸岛作过若干地质、矿产资源等方面的调查^[4-8]。新中国成立后,对西沙群岛及周围水域开展了综合科学考察。1975年春,中国科学院所属有关研究所,又对西沙群岛进行综合科学考察。我们参加了这次考察。本文是这次调查的部分研究成果。

一、珊瑚礁岛屿地貌概况

西沙群岛毗邻海南岛一北部湾大陆架、大陆坡,处于深海盆地中。周围海底地形复

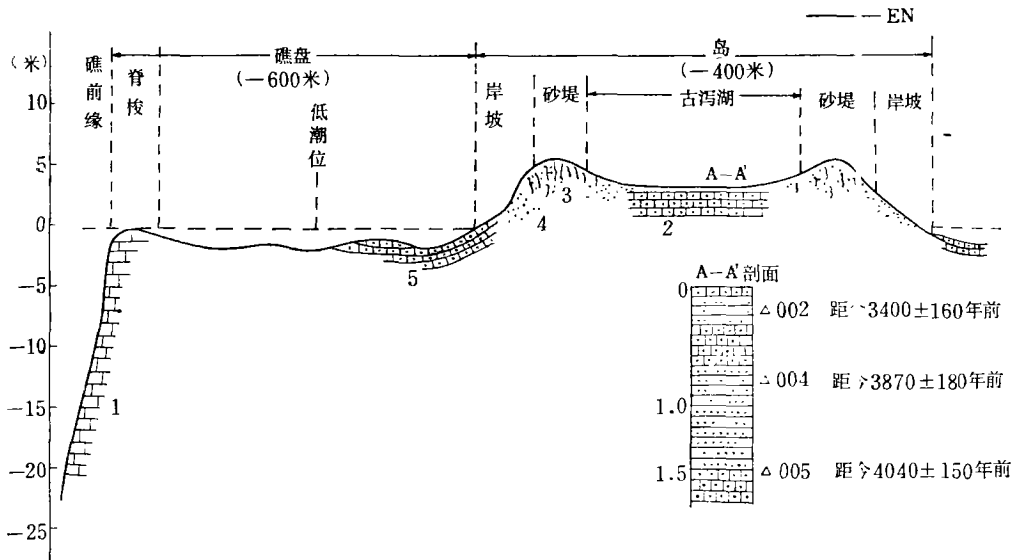


图1 甘泉岛地质地貌剖面示意图

1. 礁灰岩; 2. 棕色或黄褐色鸟粪珊瑚砂砾岩; 3. 棕色松散鸟粪珊瑚砂;
4. 白色松散贝壳珊瑚砂; 5. 海滩岩。 002, 004, 005 为样品号。

* 中国科学院贵阳地化所 C^{14} 实验室完成样品的 C^{14} 年龄测定; 李深荣完成化学分析。工作中得到刘东生教授的指导, 同济大学汪品先给予热情帮助。在此一并致谢!

杂,水深一般在 1000—1500 米左右。

群岛内除高尖石岛属火山岩岛外,其余都是珊瑚礁岛屿。这些岛屿可分成三群:西南部永乐群岛、东北部宣德群岛、东南部东岛与湛涵滩等连成一群。这三群似乎发育在三个不完整的环礁之内。它们可能是古环礁遭到破坏之后再生长起来的。其礁湖水深较大,达 50—90 米或更大些。中建岛、盘石屿独立于上述三群之外。此外,西沙群岛范围内发育着华光礁等规模不一的现代水下环礁。

珊瑚礁岛屿都具有水深约 1—3 米的礁盘。各个岛屿的礁盘大小不一,但是都具有十分类似的形态特征(图 1),并且可和南太平洋^[9]、西印度洋^[10]、加勒比海^[11]等地的一些珊瑚礁礁盘相比较。

按形态和景观特征,西沙的珊瑚礁岛屿可分为沙洲和岛两类。

沙洲 一般高出海面约 1—3 米,由松散的白色珊瑚、贝壳等生物碎屑组成,没有植

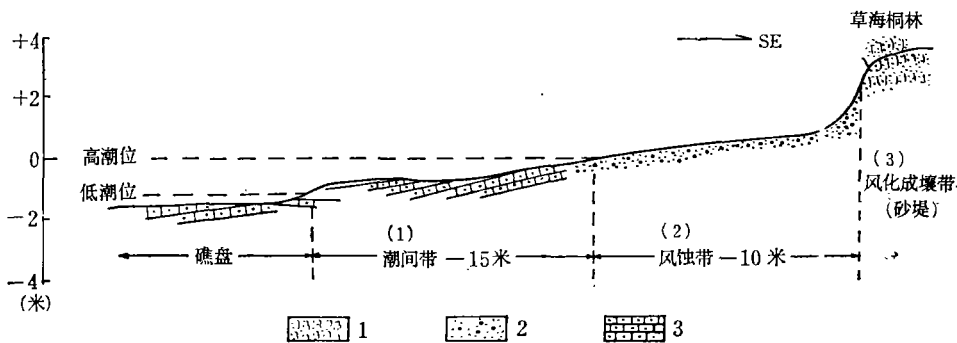


图 2 树岛东北海岸带剖面示意图

1. 磷质石灰性土壤层; 2. 白色贝壳珊瑚砂砾; 3. 海滩岩。

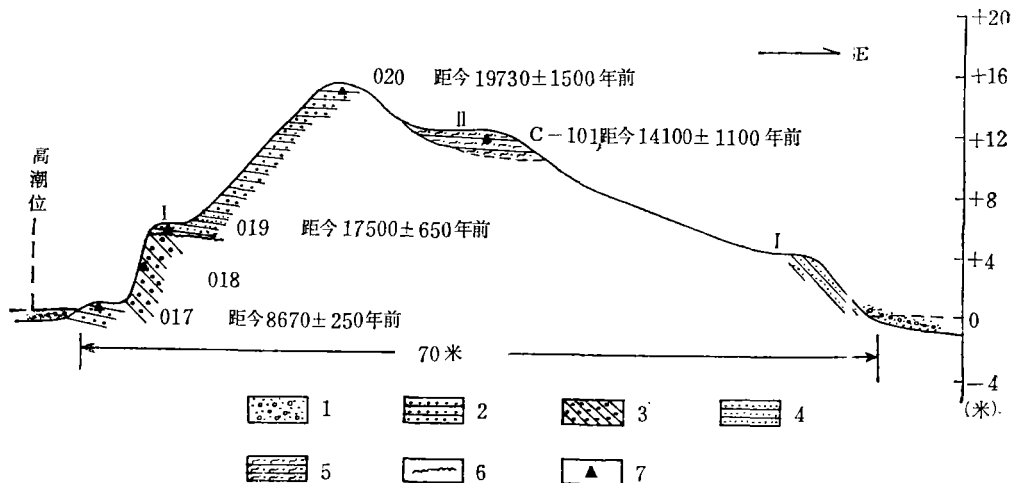


图 3 石岛地貌形态和地层结构剖面示意图

1. 白色松散贝壳珊瑚砂砾; 2. 贝壳珊瑚砂岩; 3. 中厚层状大倾角的贝壳珊瑚砂岩;
4. 薄层状白色珊瑚砂岩; 5. 棕色鸟粪珊瑚砂岩; 6. 不整合; 7. 取样点。

019, 018, 017, 020, C-101 为样品号。

被,表面稍有起伏。平面形状比较多样,受风浪和海流影响明显。例如,盘石岛呈新月形,中建岛、西沙洲等呈椭圆形,中建岛四周发育稍稍隆起的砂堤,砂堤内保存着正在消亡的泻湖。

岛 除石岛外,一般高出海面约3—5米,多数呈椭圆形,四周发育隆起的砂堤,中部较低平,保存着古泻湖特征。砂堤和古泻湖上都生长茂密的草海桐、麻枫桐等热带植物,发育棕色的磷质石灰性土壤^[12](又称石灰质腐殖土^[13])。这些岛的周围都形成具有特征的岸坡(照片1,图2)。

石岛面积约0.06平方公里,最高处海拔约15米,有5米和12米高的两级平台(图3)。岛上岩溶发育(照片2)。西北岸发育约5米高的海蚀崖。此外,石岛东南约百米处残存有高约3—5米,面积约10—20平方米的礁石,可能是石岛原来的一个组成部分。这些形态特征反映石岛具有不同于其他珊瑚礁岛的形成历史。

二、生物碎屑沉积物类型的分布

西沙群岛出露的海相生物碎屑沉积物主要有以下几种类型:

1. 珊瑚礁灰岩 发育于礁盘和现代水下环礁,在一些岛上零星出露,如东岛东北灯塔附近坡脚见原层状礁灰岩。主要由珊瑚骨架堆积而成。表面灰色,断面白色,微晶质或隐晶质,致密块状。

2. 贝壳、珊瑚礁砂砾岩 见有三种:(1)近代海滩岩:主要分布于各个岛屿附近潮间带,多见于迎风面,有时出露在高潮位之上的岸坡。多为中厚层状,以 8° — 15° 倾角向海倾斜(照片1)。表面褐灰色,断面白色,砂粒状,常含有大块贝壳和珊瑚骨架碎块。在北岛东南和西沙洲西北面潮间带见正在胶结形成的海滩岩。(2)含鸟粪珊瑚砂岩或砾岩:见于植被发育的各珊瑚礁岛地表下约20—50厘米处,甘泉岛中部广泛出露,东岛和石岛等中部地表也有出露。属磷质石灰性土壤剖面的淀积层(B_p),称“磷质硬壳”^[12]。呈棕色,砂粒状,磷质胶结。中厚层状,产状近于水平。(3)在石岛见一套胶结良好的珊瑚砂岩:下部厚层状,高倾角;上部上薄层或中-薄层状,产状平缓。岩性与海滩岩相似,但具有明显的溶蚀等后生变化特征。

3. 松散的白色贝壳、珊瑚砂砾 包括分布于各个岛屿岸边的滨海砂砾,以及铺盖于各个沙洲上和埋藏于一些岛内磷质石灰土层之下的贝壳、珊瑚砂砾。

4. 鸟粪贝壳珊瑚砂 见于永兴岛、珊瑚岛、东岛等主要岛的砂堤和岛内地表,系属热带珊瑚礁岛上特殊生物环境的产物。

三、生物碎屑岩的岩石学特征

西沙群岛不同类型的生物碎屑沉积物样品的化学分析结果(表1)表明,所有样品都以CaO为主,其次为 P_2O_5 和MgO;其他化学成份含量都低,一般总量都不超过5%。可见,这些生物碎屑沉积物都属于碳酸岩或磷质碳酸岩类。

在鸟粪珊瑚砂砾岩和鸟粪珊瑚砂中 P_2O_5 含量高,达20.90%,而在礁灰岩和白色珊

表 1 西沙群岛生物

样 品 号	产 地	样 品 种 类
75-002	甘泉岛中部地表下 20—30 cm	棕色鸟粪珊瑚砾岩
75-005	甘泉岛中部地表下 150—160 cm	黄白色珊瑚砂岩
75-010	甘泉岛西南砂堤内地表下 20—30 cm	棕色鸟粪珊瑚砂岩
75-009	羚羊礁表面,水下约 1—2m	白色珊瑚礁灰岩
75-013	琛航岛东部鸟粪层中,地下 30—40 cm	白色珊瑚礁灰岩砾块
75-017	石岛西岸高潮位附近	白色珊瑚砂岩
75-018	石岛西岸海蚀崖高约 2.1 米	白色珊瑚砂岩
75-020	石岛中部制高点(约 15 米)附近	浅黄色珊瑚砂岩
75-021	石岛中部高约 12 米的 II 级平台	黄棕色鸟粪珊瑚砂岩
75-024	树岛东北砂堤外侧地下深 80—90 cm	棕色松散鸟粪珊瑚砂
75-027	东岛中部地表下 0—10 cm	棕黄色鸟粪珊瑚砾岩

注: 样品种类按野外名称。化学分析由本所李深荣同志完成。

表 2 西沙群岛生物沉

样品号	产 地	生物碎屑颗粒成分及含量 (%)*							颗粒破碎度
		珊瑚	有孔虫	红藻	绿藻	棘皮	软体	其他	
75-002	甘泉岛中部地表下 20—30 cm	50							不 一
75-027	东岛中部地表下 10—20cm	45							不 一
75-010	甘泉岛西南地表下 20—30 cm	40	5			2	2	1	破 碎
75-017	石岛西岸高潮位	22	15	20		3	2	3	较破碎
75-018	石岛西岸陡崖 2.1 米高处	20	5	4	?	5	3	7	强破碎
75-019	石岛西岸 I 级平台 (5.2 米)	18	15	10		5		7	较破碎
75-020	石岛西岸制高点地表 (15 米)	22	20	8		7		5	较破碎
75-021	石岛西岸中部 II 级平台 (12 米)	25	12	6		10		7	较破碎
75-009	羚羊礁水下 1—2 米								
75-013	琛航岛东部地表下 30—40 cm (鸟粪层中)								
75-029	东岛东北海蚀崖脚								

* 表内所列百分含量均为岩石薄片中统计的估计量。

沉积岩化学组成(%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O
5.4	0.84	0.14	—	28.19	17.28	20.90	0.02	0.70
2.04	1.77	0.14	—	39.17	9.09	10.35	0.03	1.00
1.89	0.84	0.09	0.01	26.11	17.61	10.20	0.02	0.73
1.47	0.84	0.39	0.01	51.90	—	0.05	0.02	0.23
0.65	0.42	0.27	—	53.71	—	0.05	0.02	0.22
0.89	0.63	0.27	—	50.86	3.02	0.03	0.02	0.91
0.57	0.63	0.09	—	54.46	0.33	0.14	0.02	0.74
1.03	0.46	0.11	—	52.34	2.46	1.51	0.03	0.76
1.33	0.42	0.19	0.01	41.99	7.35	12.51	0.02	0.72
1.78	0.42	0.18	—	50.15	0.65	9.30	0.03	0.90
1.00	1.69	0.11	—	34.72	—	13.50	0.03	0.90

积岩石学特征统计表

胶 结 物		胶结型式	孔隙含量(%)	岩 石 名 称	备 注
成 分	含量(%)				
胶磷矿	30	皮壳状及接触式	10	褐色磷质胶结珊瑚砾屑灰岩	基质为珊瑚砂屑, 约 10%
胶磷矿	25	皮壳状及接触式	15	褐色磷质胶结珊瑚砾屑灰岩	基质为珊瑚砂屑及火山碎屑, 约 15%
胶磷矿及少量微晶方解石	20	接触式及孔隙式	30	褐色磷质胶结珊瑚砂屑灰岩	部分有孔虫磷酸盐化
微晶方解石	20	接触-薄膜式	15	白色钙质胶结有孔虫红藻珊瑚砂屑灰岩	
微晶方解石	15	接 触 式	40	白色钙质胶结珊瑚砂屑灰岩	
微晶方解石	10	接触-薄膜式	35	白色钙质胶结红藻有孔虫珊瑚砂屑灰岩	
微晶方解石	8	接触-孔隙式	30	白色钙质胶结有孔虫珊瑚砂屑灰岩	
胶磷矿为主及少量微晶方解石	25	接触-孔隙式	15	黄色磷质胶结棘皮有孔虫珊瑚砂屑灰岩	部分生物碎屑磷酸盐化
			20	白色珊瑚礁灰岩	
			15	白色珊瑚礁灰岩	
			20	白色珊瑚礁灰岩	孔洞中含少量有孔虫及珊瑚砂屑, 还见有少量粉砂粒屑火山碎屑

珊瑚砂中 P_2O_5 含量低,只有 0.03—0.14%。这说明 P_2O_5 主要来源于鸟粪。甘泉岛中部和石岛 12 米平台地表处的鸟粪珊瑚砂砾岩中 MgO 含量高,达 9—17%,可能主要受后生蒸发作用的影响。

根据岩样的薄片观测(表 2):除东岛的生物碎屑岩中见斜长石等火山碎屑外,其余地点的岩样的生物碎屑颗粒主要为海盆内部的生物骨骼碎屑。其粒径以 0.2—1.5 毫米者居多,可占岩石的 35—65%。其成份以珊瑚、有孔虫、藻类的钙质骨骼碎片为主,还见有棘皮及少量的软体动物碎片。藻类多见红藻(*Rhodophyta*) (照片 3)。有孔虫包括有少量的浮游抱球虫(*Globigerina*),多数为底栖有孔虫,如具有瓷质壳类——粟米虫亚目(*Miliolina*) (照片 4),玻璃质壳类——轮虫亚目(*Rotaliina*) (照片 5),以及其他底栖大有孔虫¹⁾。几乎未见代表盐度较低的胶结壳类的有孔虫²⁾。

所观测的岩石中胶结物主要有磷酸盐和微晶方解石。磷酸盐在单偏光下呈浅棕色、正突起,在双偏光下呈均质体或具有微弱的消光性,属胶磷矿。它们充填于颗粒之间。微晶方解石围绕于碎屑颗粒的周边,或充填颗粒间。胶结物可占岩石的 10—30%。颗粒之间的胶结形式以接触胶结为主,也见有皮壳状、孔隙式及薄膜式胶结。

这些岩石中孔隙度高,可占岩石的 10—40%,在“砂屑”灰岩中孔隙度尤高。

根据碎屑颗粒的成分和大小,所观测的岩石可分为三种类型。它们基本上代表了西沙群岛出露的主要生物碎屑沉积物的岩石类型。

1. 珊瑚礁灰岩 整块岩石由原地珊瑚的钙质骨架组成。孔洞中部分充填有孔虫等小生物及胶磷矿、褐铁矿、有机质等。在 75-029 号岩样中珊瑚的孔洞内还见有细砂—粉砂粒级的斜长石等火山碎屑。

2. 磷质胶结的珊瑚砾屑灰岩 颗粒以珊瑚砾屑(粒径 5—20 毫米)为主,占岩石 50% 左右。基质(粒径 0.2—5 毫米)由生物小碎片组成,占岩石 15% 左右。在 75-027 号岩样中见有斜长石等火山碎屑。胶结物为皮壳状的胶磷矿(照片 6)。

3. 含棘皮屑、藻屑的有孔虫珊瑚砂屑灰岩* 颗粒占岩石的 35—65%(表 2),粒径 0.2—1.5 毫米,各种生物所占比重在不同的岩石中有所不同。孔隙度高,占岩石的 15—40%。颗粒之间以接触胶结为主,胶结物 < 25%。按胶结物成份又可分为:白色碳酸盐(方解石)胶结的生物砂屑灰岩,如 75-017、018、019 号样(照片 7);黄色磷酸盐(胶磷矿)胶结的生物砂屑灰岩,如 75-010、021 号样(照片 8)。

西沙群岛的生物碎屑岩沉积后经历了明显的后期变化,主要表现:(1)磷酸盐化,一些生物碎屑如有孔虫壳壁和棘皮碎片部分磷酸盐化(照片 9);(2)方解石化,几乎在所有薄片中都见到生物体的壳由文石变为方解石的现象,在 75-027 号岩样中见斜长石被方解石交代的现象(照片 10);(3)淡水溶解、淋滤和充填作用,屡见胶结物和颗粒被溶解成空隙,磷酸盐和褐铁矿充填孔洞的现象(照片 11)。在石岛取来的岩样中这些现象尤为显著。

此外,在一些岩样中观察到皮壳状构造,颗粒周围和珊瑚孔洞内黄褐色的胶结物呈皮壳状分布(照片 12)。这种构造在地表下 20 厘米深以内的岩石中特别发育,而在地表下

1) 同济大学海洋地质系实验室:新生代底栖有孔虫检索表(1976 年)。

2) 同济大学科学技术情报组编印:海陆相地层辨认标志(1974 年)。

* 含量 10% 以上的颗粒参加岩石命名,5—10% 者为“含有”。

1—2 米深的岩石中极少见到。皮壳状构造是风化成壤作用的一种产物。

四、沉积物层序问题

穆恩之^[6],李毓英^[8]曾对永兴岛和石岛、南沙群岛的太平岛的生物沉积层作过划分。他们的划分虽然都具有沉积物层序(时间)的性质,然而,比较偏重于沉积物类型的划分。西沙群岛各个岛屿及其周围出露的各类沉积,往往具有同期异相的性质,建立生物碎屑沉积物的地层序列是比较困难的。

表 3 列出西沙群岛取来的 11 个生物碎屑岩样品的放射性碳法测定的年龄值。如前述,出露的生物碎屑岩都经历了不同程度的后期变化。各个样品的 C^{14} 年龄值可能并不代表样品所在沉积层形成的真实年龄,而是表面年龄。不过根据这些年龄值,对样品所在沉积层的形成年代仍可作概略估计: 各个岛屿周围的海滩岩属新近形成的,其年龄大概千年以内。除石岛外,各个岛上出露的鸟粪珊瑚砂岩或砾岩,白色珊瑚砂砾岩应属全新世中期产物,可能主要形成于距今四、五千年前。石岛上部出露的薄层或中-薄层白色珊瑚砂岩系晚更新世产物。

表 3 生物碎屑沉积物放射性碳年龄值

样 号	取 样 地 点	样 品 名 称	C^{14} 年龄(距今,年)
75-002	甘泉岛中部地表下 20—30 厘米	棕色鸟粪珊瑚砾岩	3400±160
75-004	甘泉岛中部地表下 100—110 厘米	黄褐色珊瑚砂岩	3870±180
75-005	甘泉岛中部地表下 150—160 厘米	黄白色珊瑚砂岩	4040±150
75-017	石岛西岸高潮位附近	白色珊瑚砂岩	8670±250
75-019	石岛西岸高出高潮位约 5.0 米 I 级平台	白色珊瑚砂岩	17500±650
C-101	石岛中部高约 12 米 II 级平台	黄棕色鸟粪珊瑚砂岩	14100±120
75-020	石岛中部约 15 米高处	浅黄色珊瑚砂岩	19300±1500
C-001	东岛东北岸海边高约 4 米的平台面	浅黄色珊瑚砾岩	3250±120
C-002	东岛北岸海滩潮间带	白色贝壳珊瑚砂岩(海滩岩)	237
C-005	珊瑚岛北岸潮间带	灰白色珊瑚砂岩(海滩岩)	385
C-010	永兴岛西北礁盘上潮间带	白色珊瑚礁灰岩	1754±40

注: C-001、C-002、C-005、C-010 和 C-101 号样品系第二海洋地质大队提供的。

石岛下部厚层状、高倾角的珊瑚砂岩,与上部薄层或中-薄层状珊瑚砂岩呈不整合接触(图 3)。这两套岩层具有不同的岩石学特征(表 2): 下部岩层红藻数量少,颗粒含量低,强烈破碎,同时孔隙明显高,上部岩层含丰富的红藻,颗粒含量高,破碎程度差,而孔隙率低,这些表明,石岛上、下部两套岩层可能属不同时期,不同环境的产物。下部岩层可能是晚更新统以前的地层。

这样,西沙群岛出露的生物碎屑沉积物的地层序次,自老至新,初步归纳如下:

前晚更新统 石岛下部厚层状有孔虫珊瑚砂屑灰岩;

晚更新统 石岛上部薄层一中薄层状含丰富红藻的有孔虫珊瑚砂屑灰岩;

全新统早、中期(主要是中期) 甘泉岛、东岛等岛上出露的棕色磷质胶结的珊瑚砾屑灰岩;

全新统晚期及现代 各岛屿周围的海滩岩,松散白色的贝壳珊瑚砂砾、松散棕色的鸟粪贝壳珊瑚砂砾;

各个岛屿礁盘上的礁灰岩可能是跨越晚更新以来各个时期的沉积层。

五、岛屿形成及海面变化问题

西沙群岛的珊瑚礁沉积物露出海面,形成岛屿,按先后顺序可以分为三期:石岛期、甘泉岛期和沙洲期。这三个成岛期,特别是前两个,可能与高海面阶段相联。高尖石火山岩岛约在二百万年前已出现,将在另文讨论。

1. 石岛期 该岛上部晚更新统地层中三个不同层位的岩样的 C^{14} 年龄为距今 14100—19730 年(图 3)。石岛地表岩溶十分发育,岩层受到后期变化强烈。可以认为,这些 C^{14} 年龄值明显偏小。从石岛的形态特征和高程来看,它可和海南岛普遍发育的 I 级海平台(高程约 15—20 米)^[14] 相对比。在广东、福建沿海这一级海成平台(阶地)广泛分布^[15]。它们可视为同期产物。对其形成固然可用区域性下沉而后被抬升的新构造运动模式来解释。不过更合理的解释可能是,它们主要是由气候性海面升降所造成的,新构造运动起迭加作用。倘若如此,石岛很可能是晚更新世某个高海面阶段的产物。

太平洋、印度洋中一些高出海面 2—9 米的珊瑚礁的 Th^{230}/U^{234} 和 U^{234}/U^{238} 年龄为距今 80000—160000 年前,距今 120000 ± 2000 年前为最大高海面阶段^[16]。夏威夷群岛瓦胡岛上珊瑚礁研究表明,距今 120000 年前的高海面阶段古海面为 +7.6 米^[17]。新几内亚胡翁(Huon)半岛古珊瑚礁阶地记录了约 140000 年来的七个高海面阶段,其中距今约 124000 年前为最大高海面阶段,古海面为 +6 米左右^[18]。类似的高海面阶段的记录在琉球群岛和西印度群岛的巴巴多斯岛^[19]等地都保存着。看来,距今约 120000 年前的高海面阶段具有全球同步的性质,我国南海不应例外。因此,石岛上部岩层可能属这一高海面阶段的产物。这一高海面阶段结束,石岛露出海面而成。

2. 甘泉岛期 这是西沙群岛主要成岛期。甘泉岛、永兴岛、树岛、北岛、珊瑚岛、晋卿岛、琛航岛、广金岛、金银岛等都具有相似的地貌形态和景观特征,以及基本一致的高程(3—5 米)它们属同期产物。甘泉岛中部 1.5 米深以内的沉积层的 C^{14} 年龄为距今 3500—4040 年前,东岛北岸约 4 米高平台上沉积物的 C^{14} 年龄为距今 3250 ± 120 年(表 3)。虽然这些年龄可能偏小,但从野外观察和岩石学特征鉴定来看,估计比较接近海水退出的年龄,75-005 号样的 C^{14} 年龄值尤其如此。由此可推断,这些岛上出露的珊瑚砾屑灰岩可能主要是在距今五、六千年前全新世气候最适宜期沉积的。我国辽东半岛^[20]、天津^[21]、上海^[22]、台湾省恒春和台南^[23]等地全新世海岸线变迁历史表明,约在五、六千年前全新海侵达到高潮,以后波浪式逐步海退。日本沿海距今 7000—3000 年前海面从 0 米上升到 +2.7 米,约 1500 年前下降到现海面^[24]。如果不考虑新构造运动的影响,西沙群岛在全新世气候最适宜期——高海面阶段,古海面位置约 +3—+5 米。这与海南岛一些地带所观测到的情况^①基本一致,也与 R. W. 费尔布里奇(Fairbridge)^[25] 的估计大致吻合。

① 赵希涛:海南岛全新世海滩岩及其对海岸线变迁的反映(1977 年)。

3. 沙洲期 全富岛上发现唐代至明代的遗物^[1]。这表明,西沙群岛的沙洲至迟在距今一、二千年前已开始出现。根据各个沙洲的高程、形态、景观和沉积物的特征,这些沙洲应属近代产物,估计是2000—2500年来形成的。它们可能与天津地区约二千年前形成的II贝壳堤同期,也可能与台湾省恒春地区1400—1700年前形成的1.1—1.5米高的珊瑚碎屑沉积物^[23]相对比。

沙洲形成期是否可和竺可桢建立的我国五千年来气候波动模式中的第二或第三温暖期^[26]相对比?是否属于R. W. 费尔布里奇拟制的全新世海面变化历史模式中的第三或第四高海阶段^[23]?这些还待研究。

此外,我国南海处海洋地壳与大陆地壳过渡地带,构造活动是强烈的,对南海诸岛的形成和发展有着重大影响。同时,更新世时期曾多次出现大陆冰川大规模扩展,引起海面大幅度下降。这对珊瑚礁岛屿的形成也将产生深刻的影响。这些都是今后研究我国西沙群岛及南海诸岛的发展历史中值得注意的问题。

参 考 文 献

- [1] 广东省博物馆、广东省海南行政区文化局: 1976, 广东省西沙群岛第二次文物调查简报。
- [2] 广东省博物馆: 1974, 广东省西沙群岛文物调查简报。《文物》, 10期, 1—29页。
- [3] 何纪生: 1976, 谈西沙群岛古庙遗址。《文物》, 9期, 28—31页。
- [4] 朱庭祐: 1928, 西沙群岛鸟粪。两广地质调查所。《年报》, 一卷, 99页。
- [5] 马廷英: 1936, 造礁珊瑚与中国沿海珊瑚礁的成长率。《地质论评》, 1卷, 295—300页。
- [6] 穆恩之: 1948, 西沙群岛永兴岛与石岛地质述略。《地质论评》, 13卷, 159页。
- [7] 王本茨、高存礼: 1947, 西沙群岛磷矿。《地质论评》, 12卷, 439—448页。
- [8] 李毓英: 1948, 南沙群岛太平岛地质概况。《地质论评》, 13卷, 333—339页。
- [9] Chevalier, J. P.: 1973, Geomorphology and Geology of Coral Reefs in French Polynesia in "Biology and Geology of Coral Reefs", Vol. 1.
- [10] Stoddart, D. R.: 1973, Coral Reefs of the Indian Ocean, in "Biology and Geology of Coral Reefs", Vol. 1.
- [11] Milliman, J. D.: 1973, Caribbean coral reefs, in "Biology and Geology of Coral Reefs" Vol. 1.
- [12] 中国科学院南京土壤研究所考察组: 1976, 南海诸岛的土壤和鸟粪磷矿。《土壤》, 第3期, 125—131页。
- [13] 广东省植物研究所考察组: 1975, 西沙群岛自然环境条件和主要土壤类型。《土壤》, 第2期, 57—60页。
- [14] 丁国瑜等: 1964, 海南岛第四纪地质的几个问题。《第四纪地质问题》, 科学出版社, 207—233页。
- [15] 曾昭旋: 1962, 我国南海沿岸最近升降的问题。《地理学报》, 23卷, 2期, 205—216页。
- [16] Veeh, H. H.: 1966, Th²³⁰/U²³⁴ and U²³⁴/U²³⁸ ages of Pleistocene high sea level stand. Jour. Geophys. Res., Vol. 71, pp. 3379—3386.
- [17] Teh-lung Ku (顾德隆), et al.: 1974, Eustatic sea level 120000 years ago on Oahu, Hawaii. "Science", Vol. 183, pp. 959—960.
- [18] Bloom, A. L., et al.: 1974, Quaternary sea level fluctuations on a tectonic coast: New Th²³⁰/U²³⁴ dates from the Huon Peninsula, New Guinea. "Quaternary Res." Vol. 4, pp. 185—205.
- [19] Steinen, R. P., et al.: 1973, Eustatic low stand of sea level between 125000 and 105000 B. P.: Evidence from the sub-surface of Barbados, West Indies. "Geol. Soc. Amer. Bull." Vol. 84, pp. 63—70.
- [20] 中国科学院贵阳地球化学研究所第四纪孢粉组和C¹⁴组: 1977, 辽宁省南部一万年来自然环境演化。《中国科学》, 第6期, 603—614页。
- [21] 夏东兴等: 1977, 黄渤海近海平原区第四纪以来的海岸线变迁。《海洋科技通讯》, 2期, 1—13页。
- [22] 谭其骧: 1973, 上海市大陆部分的海陆变迁和开发过程。《考古》, 124卷, 1期, 2—10页。
- [23] Kazuhiro Taira: 1975, Holocene crustal movements in Taiwan as indicated by radiocarbon dating of marine fossils and driftwood. Tectonophysics, Vol. 23, pp. 1—5.
- [24] Fujii, S. et al.: 1971, Sea level changes in Asia during the past 11000 years. Quaternary,

Vol. 14, pp. 211—216.

[25] Fairbridge, R. W.: 1960, The changing level of the sea. "Scientific Amer." Vol. 202, pp. 70—79.

[26] 竺可桢: 1973, 中国五千年来气候变迁的初步研究。《中国科学》, 2 期, 168—189 页。

QUARTERNARY BIOLOGICAL SEDIMENTS IN THE XISHA ARCHIPELAGO, CHINA AND A DISCUSSION ON THE AGE OF ISLAND-FORMATION

Lu Yanchou Yang Xuechang Jia Rongfen

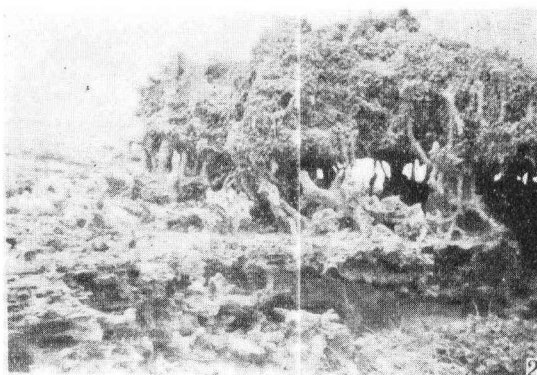
Abstract

Bioclastic sediments in the Xisha archipelago were formed during the period from late Pleistocene to Holocene. Except for loose coral shell sand, they can be divided, according to petrological features, into coral reef limestone, phosphate-cemented foraminifera (or red aglae and Echinodermate, etc.), calcarenite or calcirudite. All of them have been subjected to varying degrees of deuterogene alterations such as phosphatization, calcitization as well as dissolution and filling.

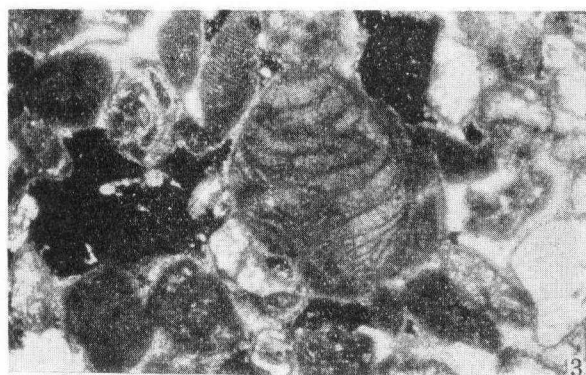
The age of formation of the Xisha archipelago, i.e., the time it finally emerged from under the sea may be dealt with as: (1) Sand bars (1.5—3.0 meters above sea level) took shape about 2000—2500 years ago; (2) Coral reefs (3—5 meters above sea level, with the exception of rock islands) formed 4000—5000 years ago, which is in agreement with the high sea level stage in the post-glacial period; (3) Rock islands (about 15 meters above sea level) formed at late Pleistocene or earlier, which can probably be correlated with the high sea level period some 80000—125000 years ago.



照片 1 甘泉岛西岸景观及海滩岩产状
(杨学昌摄)



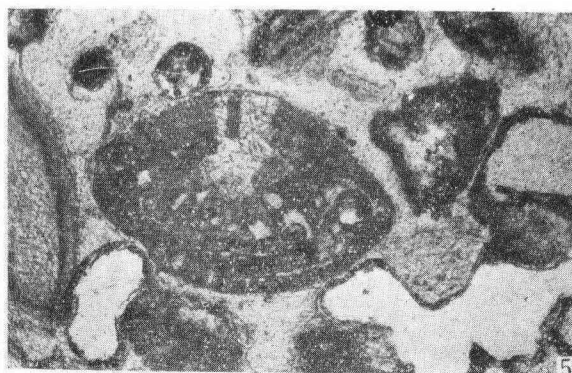
照片 2 石岛地表岩溶现象
(杨学昌摄)



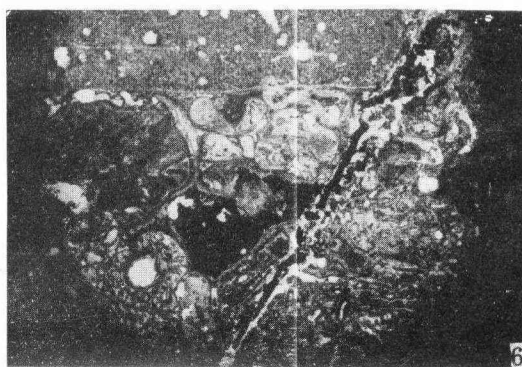
照片 3 红藻
(75-017号, $\times 44$, 单偏光)



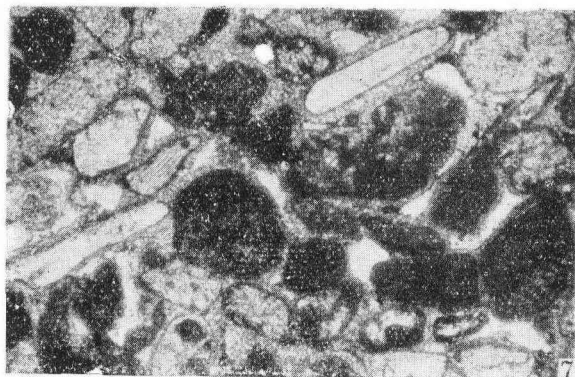
照片 4 瓷质壳粟米虫类
(75-019, $\times 132$, 单偏光)



照片 5 轮虫类
(75-010, $\times 44$, 单偏光)



照片 6 磷质胶结珊瑚砾屑灰岩
(75-027, $\times 5.6$)



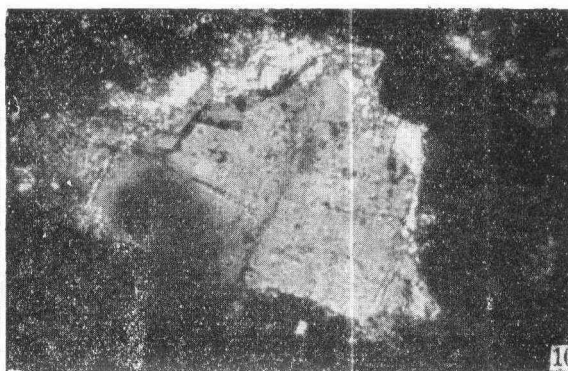
照片 7 方解石胶结的有孔虫、红藻、珊瑚砂屑灰岩
(75-017, $\times 44$, 单偏光)



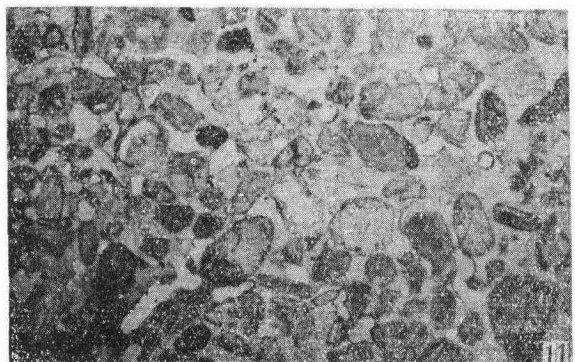
照片 8 褐色磷质胶结的棘皮、有孔虫、珊瑚砂屑灰岩
(75-021, $\times 44$, 单偏光)



照片 9 磷酸盐化有孔虫
(75-017, $\times 80$, 单偏光)



照片 10 斜长石边缘被方解石交代
(75-027, $\times 330$, 正交)



照片 11 淡水溶解、淋滤和充填
(75-010, $\times 11$, 单偏光)



照片 12 皮壳状胶结物
(75-002, $\times 44$, 单偏光)