

# 闽南、粤东海岸带沉积物的 沉积学、岩石学比较研究\*

徐起浩

(广东省地震局)

**提要** 本文通过对海岸带海滩砂、沙丘砂、砂丘岩、海滩岩和有关近岸海底砂的沉积学、岩石学的比较研究,分析其形成环境,发现沙丘岩沉积特征和历史沙丘相似;沙丘岩和海滩岩的识别有时不是主要从岩石学而可能从沉积学中去识别。兄弟屿比西海底硬地更可能是生物排出的钙质粘液胶结。

**主题词** 海底硬地 沙丘砂 沙丘岩 海滩岩 岩石学特征 沉积学识别

**作者简介** 男 44岁 助理研究员 地震地质

近年来国内已有不少学者对海滩岩进行过比较详细的研究;随着研究的深化又必然地深入对沙丘岩的研究,(沙庆安等 1981;何起祥等, 1985;徐起浩等, 1987;刘以宣等, 1987),显然这对研究古环境,认识地壳稳定性都有重要意义。本文侧重对沙丘岩、海滩岩和有关海底砂的沉积岩石学的比较研究。文章论及的样品分布见图 1。概率累积曲线见图 2。粒度分析,各种参数及对应的地貌环境见表 1。

## 一、海底砂

为调查海域地震地质,笔者于 1986 年 7 月在水深约 40m 的福建东山县兄弟屿北西约 2km 和苏峰山东约 10 海里的海底组织潜水取样\*\*。水下能见度不好,但据潜水员在海底一定范围内的触觉,兄弟屿为海底硬地,样品为钙质胶结的硬块,主要成分为砾、粗砂和生物碎屑,围绕虫管壳体表面粘附着大量生物碎片和花岗岩屑,被粘附的有潮下带的扇贝等生物壳体;虫管壳体内多呈空心状,样品在空气中暴露不久即大部碎裂(除虫管表面粘结的外)。因此,该钙质硬块及海底硬地可能是生物排出的钙质粘液胶结。与“萨勃哈”不同,海底硬地是风暴潮将海水掀到潮上带一定位置,卤水浓缩形成石膏,硬石膏和白云石的盐壳胶结(罗宾·巴瑟斯特, 1977)粒度分析该海底砂概率曲线具极窄的跃移段  $\Phi$  2.25—2.75),总体曲线较平稳,斜率约  $33^\circ$  (图 2a)反映分选不好;标准偏差  $\sigma_1 = 2.20$ ;不稳定矿物角闪石占重矿物总量的 41%,反映沉积物搬运距离不长。苏峰山东海底,潜水员触觉为隆起的沙丘地形,据有关文献反映台湾浅滩及其附近海底有大量这种沙丘形态沉积物分布,可能是和潮沙脊有关的沉积(郑铁民等, 1982)。样品反映以细砂为主(表 1),概率曲线具明显的双跃移段,斜率分别  $48^\circ$  和  $70^\circ$ ,高斜率跃移段占总体含量 80%,显示分选较好,但推

\* 本文为国家地震局联合科学基金资助课题研究成果之一。

\*\* 潜水取样承东山县打捞队帮助完成

移段和悬移段斜率缓, 造成总体分选变差;  $\sigma_1 = 1.96$ , 尖度值  $K_G = 2.30$ , 反映尖度很大, 表明该海底曾经历较复杂的沉积环境。

表 1 沉积物粒度参数及其分布地貌环境

Table 1 The parameter of grain size and geomorphic environment of distribution of sediments in coast and sea floor near by coast in southern Fujian Province and eastern Guangdong Province

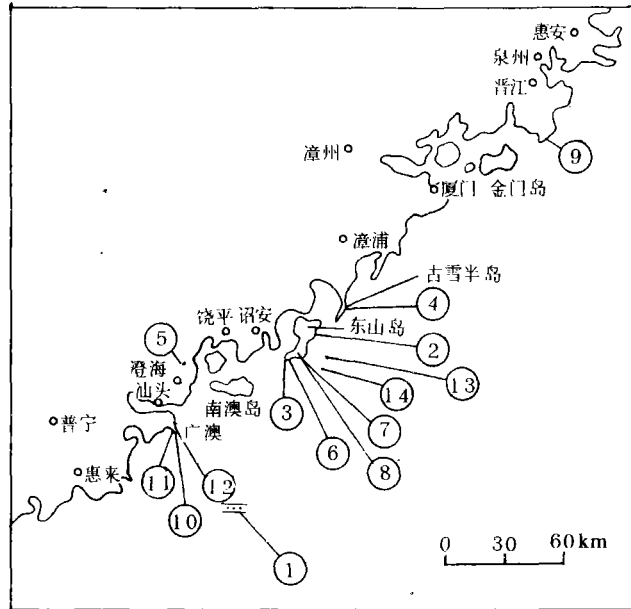
编号	名称	样品采集地	分布海拔 (m)	粒径 ( $\Phi$ ) 累积百分比						平均粒径 ( $M_z$ )	标准偏差 $\sigma_1$	偏态 $SK_1$	尖度 $K_G$	地貌环境		
				砾		粗砂		中砂							细砂	
				-1	0	1	2	3	4							
1	海滩砂	达濠半岛广澳尖石头山东坡海滩	0	0.50	12.45	62.20	97.37	99.83		0.85	0.65	-0.04	1.03	潮上带		
2	沉溺海滩岩	广东惠东 60km 下新礁海域	-40	0.25	13.0	48.5	82.0	95.25	99.75	1.349	1.0212	0.417	3.200	海底		
3	沉溺海滩	东山康美前港	-6	3.0	13.25	23.5	45.5	75.5	97.0	2.188	1.411	-0.421	2.700	低潮线偏潮下带		
4	海滩岩	东山官前村	5	6.58	56.73	86.23	95.46	98.12	98.47	-0.073	0.84	0.30	1.16	距岸 40m, 非迎风向海岸边		
5	海滩岩	福建漳浦古雷	1	31.94	67.71	81.92	87.95	98.52	98.95	-0.09	1.21	0.55	1.11	距岸 500m, 被风沙掩埋		
6	海滩岩	广东澄海樟林	7	4.40	57.46	86.03	96.74	98.23	98.30	0.027	0.45	0.30	1.10	距海约 8km 公路边无堆积物源		
7	历史沙丘	东山大帽山村	75	0.06	0.65	5.79	29.20	95.64	98.64	2.15	0.61	-0.20	1.05	距海 200m, 周围未有明显坡积物源		
8	历史沙丘	东山陈城屋? 山	40	1.70	6.21	14.59	41.28	80.16	86.48	2.28	1.99	0.33	2.7	距海 3km, 周边大部被丘陵环绕, 坡积物源丰富		
9	历史沙丘	东山亲管山海边	15	0.6	0.88	15.38	49.82	96.25	98.83	1.88	0.79	-0.218	0.86	距海 50m, 未有显著坡积物源		
10	近 20 年内形成现代沙丘	晋江围头村海边	5			1.57	54.29	99.78	99.92	1.88	0.40	0	1.02	距海 30m, 未有坡积物源		
11	三年内形成沙丘	广澳尖石头山山脊	80	1.14	2.50	4.51	42.73	96.46	97.27	2.08	0.52	-0.15	1.26	距海 500m, 未有显著坡积物源		
12	沙丘岩	广澳尖石头山东坡	70			10.36	780.7	95.03	95.63	1.58	0.53	1.65	1.31	距海 500m, 迎风向海岸边, 有坡积物源		
13	沙丘岩	广澳尖石头山西坡	66	3.65	19.91	55.17	76.78	86.29	88.83	1.106	1.956	0.42	1.17	距海 550m, 处圈椅状山腰, 有坡积物源		
14	沙丘岩	广澳附近, 好望角一崎壁山谷地	22	2.73	17.41	52.30	85.56	89.76	91.18	0.86	1.47	0.18	2.11	距海 200m, 位处谷地内, 有坡积物源		
15	海底倾地	兄弟屿西北 2km 海底	-40	23.28	44.87	61.74	72.88	89.33	90.70	0.63	2.20	0.45	1.1	海底		
16	海底沙丘	东山县苏峰山东 10 海里海底	-40	3.85	9.48	22.24	47.15	85.85	92.14	1.83	1.96	-0.02	2.30	海底		

## 二、沙丘岩与沙丘砂

沙丘岩和沙丘砂两者往往具相似的地貌学分布特征和沉积特征\*, 如地貌上都具有顺风向分布的选择性; 前积层产状都较陡, 沙丘岩产状可达  $37^\circ$ ; 物质组分和所处的地貌环境

\* 徐起浩、冯炎基, 1987, 粤东、广澳福建东山等地海岸沙丘岩及沙丘的地貌学、沉积物特征,

有关。沙丘岩多在沙丘前积层最发育，这是因为前积层砂粒较少，生物碎屑相对较富集，易胶结。通常愈是现代沙丘，愈是向风地带，搬运距离愈长，愈处沙丘前积层，周围愈极少有坡积物源，沙丘或沙丘岩的分选就愈好，如表1中7、8、9、10、11、12号样品，反之分选愈差。概率曲线对此也有明显显示，广澳沙丘岩都缺失通常海滩砂所具有的推移组分，仅有斜率较大 ( $> 50^\circ$ ) 的跃移组分和较平稳、分选较差的悬移组分。但是各曲线反映的跃移段斜率无论是沙丘砂还是沙丘岩都随地貌环境和海滩分布的差异而不同，与表1标准偏差  $\sigma$  具有良好的对应 (图2c)：即有丰富坡积物源的分选最差概率曲线斜率较低，如表1中8、13号沙丘。反之沙丘和沙丘岩都具较好的分选性，概率曲线跃移段有较大的斜率。

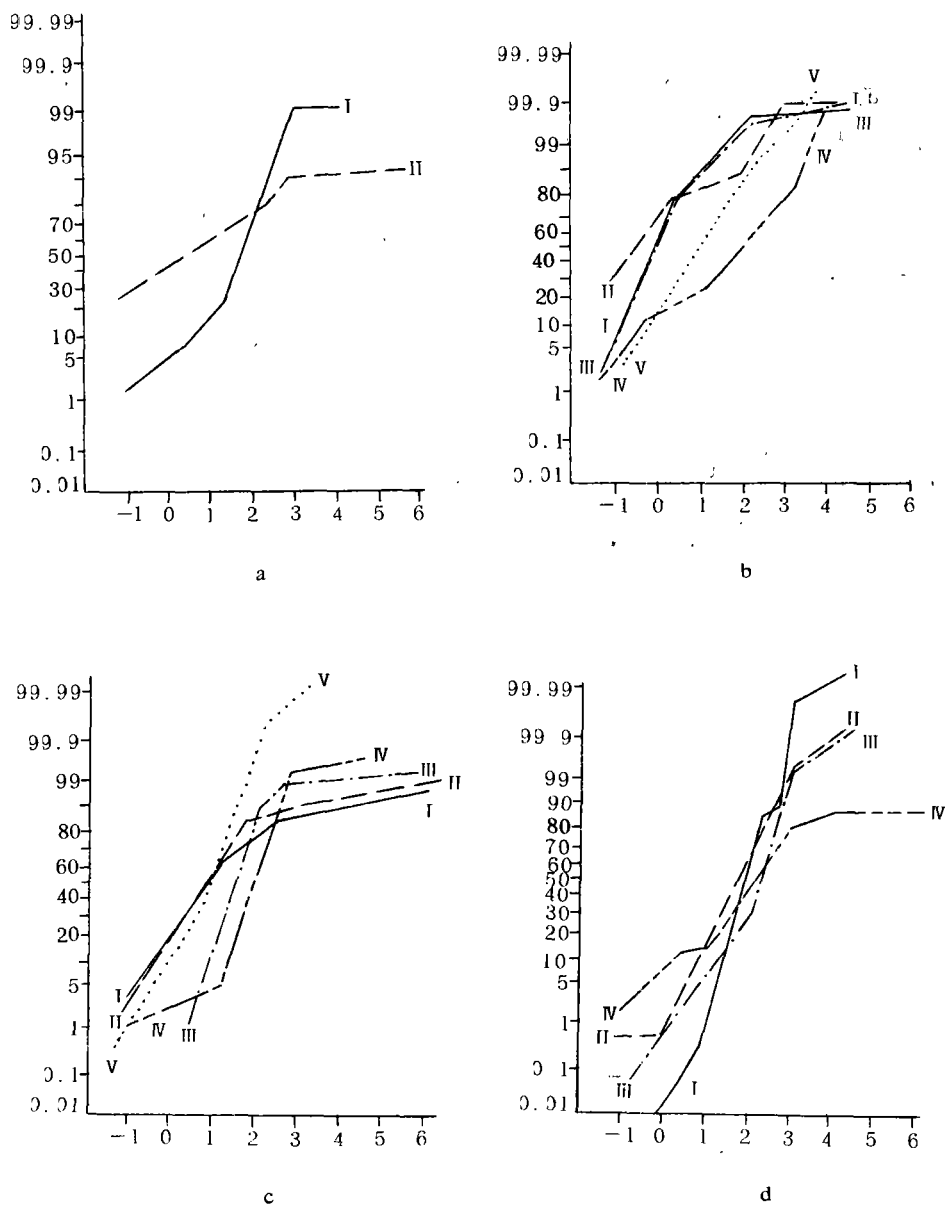


1 314 渔场下新礁海域沉溺海滩岩 2 东山唐美前港沉溺海滩岩 3 东山官前村海滩岩；4.漳浦古雷海滩岩；5.澄海榕林海滩岩；6 东山大帽山村历史沙丘；7.东山陈城村屋眉山历史沙丘；8.东山亲营山海边历史沙丘；9.晋江润头村现代沙丘，10.汕头广澳尖石头山沙丘岩；11.汕头广澳尖石头山脊三年内形成沙丘，12.汕头广澳好望角—崎壁山谷地沙丘岩；13.东山兄弟屿西北2公里海底硬地砂；14.东山苏峰山东10海里海底

图1 闽南、粤东海岸及近岩海底沉积物样品分布

Fig.1 Distribution of samples of sediments in coast and seabed near by the coast of southern Fujian Province and the east of Guangdong Province

表1还反映广澳沙丘岩细粒质组分较现代沙丘和海滩砂含量要高，粉砂约占4.97—13.71%。现代沙丘粉砂约占0.22—3.34%，历史沙丘粉砂占3.75—19.84%，可见广澳沙丘岩粉砂质含量和历史沙丘相似。显然，这种差异是由坡积物的参与而引起的，沙丘岩中由于含有较多棱角状的细粒质，而使分选变差。坡积物的参与是区分非海相沉积的重要标志。



a.海底砂 I 东山县苏峰山东 10 海里海底硬地;II 东山县兄弟屿北西 2 公里海底砂;b.5 个海滩岩, I. 东山县官前村,II. 漳浦县古雷,III. 澄海县樟林,IV. 东山县前港海底,V. 惠来县 314 海场下新礁海底;c.沙丘岩、沙丘砂及海滩砂(广澳), I. 广澳尖石头山西坡沙丘岩,II. 好望角-崎壁山狭谷沙丘岩,III. 广澳尖石头山东坡沙丘岩,IV. 广澳尖石头山脊三年内形成沙丘,V. 广澳尖石头山东坡海滩砂;d.沙丘砂(东山、晋江县), I. 晋江县围头,II. 东山县崇营山,III. 东山县大帽山村旁,IV. 东山县陈城屋眉山

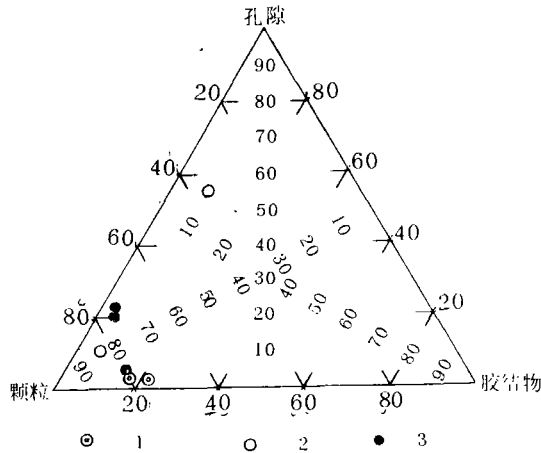
图 2 闽南、粤东沿海及近岸海底部分沉积样品概率累积曲线

Fig.2 The probability accumulation curves of the samples of some sediments in coast and seabed near by the coast of southern Fujian Province and eastern Guangdong Province

### 三、几种碳酸盐岩的岩石学特征

本文指的海岩碳酸岩包括海岩沙丘岩和海滩岩。镜下显示 314 渔场下新礁沉溺海滩岩具显著的原生孔隙，周边有粒状方解石沉淀和马牙状方解石晶体，电镜显示具菱面体方解石晶粒（图版 I，1、2），主要反映潜流带胶结特征。东山县前港沉溺海滩岩除反映潜流胶结特征外，还明显有渗滤砂胶结特征，这与地貌上该海滩岩主海滩脊产出是一致的，显示该海滩岩胶结时曾处一定暴露环境，电镜下呈清晰的镁方解石菱面体（图版 I，3）。古雷、樟林和官前村海滩岩及广澳沙丘岩镜下孔隙类型主要为次生孔隙。电子探针反映胶结物主要为粒状、柱状低镁方解石（图版 I，4、5、7）。从镜下的结构特征看，这几处海滩岩的胶结环境和沙丘岩是相似的，都主要处于渗流胶结（淡水或有限海水渗流）环境，出现嵌晶胶结或接触胶结及新月型胶结；广澳沙丘岩还具文石针胶结（图版 I，8）。

图 3 所示沙丘岩孔隙度较大，可占体积的 55%（好望角—崎壁山谷地），沉溺海滩岩孔隙度很低，仅占体积的 2—3%（少于 5%）；胶结物的含量则相反，沉溺海滩岩的含量最高，可达 22%（下新礁海域），故而沉溺海滩岩总是胶结比较紧密、坚硬。



1. 沉溺海滩岩；2. 沙丘岩；3. 海相陆成海滩岩。

图 3 闽南、粤东几种海滩岩、沙丘岩组构成分含量

Fig.3 The composition percentage of component and structure of the dunerocks and beachrocks

\* 徐起浩、冯炎基，1987，南海北部陆架及其近岸沉溺海滩岩的发现与形成环境的初步讨论，

#### 四、几种碳酸盐岩的地球化学特征及其与成岩条件的关系

对上述几种碳酸盐岩进行地球化学分析(表2),发现沉溺海滩岩 MgO 分子数百分含量最高,达 11.96—15.26,樟林海滩岩和古雷海滩 MgO 分子数含量为 2.14%,广澳尖石头山及好望角—崎壁山谷地内沙丘岩 MgO 分子数含量介于沉溺海滩岩和樟林、古雷和官前海滩岩之间。为什么有这种差异?这可以用沉积环境与成岩环境的差异来解释:通常海滩岩中镁的含量与成岩时其中海水的蒸发、镁方解石的沉淀有关。当海平面上升或地壳下沉,原来在滩脊沉积并胶结的海滩岩愈来愈频繁地接触海水,海水也愈来愈充分地得到蒸发,海滩岩中就有更高的镁含量(有的含锶量较高),海滩岩胶结也愈来愈坚实,如东山县前港和下新礁沉溺海滩岩。

表 2 海滩岩、沙丘岩地球化学特征比较表

Table 2 Comparison of geochemistry characteristics of the dunerocks and beachrocks

编号	CaO	MgO	SrO	CaO %	MgO %	SrO %	分子数 CaO×100	分子数 MgO×100	分子数 SrO×100	分子数 CaO%	分子数 MgO(%)	分子数 SrO%	CaO / MgO
1	31.00	0.13	0.049	99.42	0.416	0.157	55.27	0.32	0.047	99.34	0.57	0.08	238.46
2	13.88	0.07	0.012	99.41	0.50	0.086	24.75	0.17	0.011	99.27	0.68	0.044	198.28
3	13.29	0.21	0.033	98.20	1.55	0.24	23.69	0.52	0.032	97.72	2.14	0.13	63.28
4	16.88	0.39	0.030	97.57	2.25	0.17	30.10	0.96	0.028	96.82	3.08	0.09	43.28
5	21.84	0.50	0.151	97.11	2.22	0.67	38.93	1.24	0.15	96.55	3.07	0.37	43.68
6	6.58	0.38	0.019	94.28	5.414	0.27	11.73	0.94	0.02	92.43	7.41	0.16	17.32
7	11.82	1.16	0.114	90.27	8.86	0.87	21.077	2.878	0.11	87.58	11.96	0.457	10.189
8	17.13	2.22	0.04	88.34	11.45	0.21	30.55	5.51	0.0386	84.63	15.26	0.107	7.716

1.樟林海滩岩;2.古雷海滩岩;3.官前村海滩岩;4.广澳尖石头山东坡沙丘岩;5.广澳尖石头山西坡沙丘岩;6.广澳好望角—崎壁山谷地沙丘岩;7.东山县前港沉溺海滩岩;8.下新礁沉溺海滩岩;(样品分布海拔、地貌环境同表1)

当上述海滩岩形成后,地壳上升或海平面下降,则原先沉积的滩脊愈来愈脱离海水的浸淹。若在热带、亚热带气候条件下,沉积物中又有足够的生物碎屑,由于淡水对生物碎屑的溶蚀和快速的蒸发,使得原来在海相条件下沉积的海滩物质,在非海相环境——大气条件下陆相环境胶结成岩。倘若时间足够长,海相胶结的海滩岩在大气条件下,胶结物中不稳定的高镁方解石将逐渐释镁而转化为低镁方解石。在福建漳浦古雷半岛,那些在表面风沙覆盖下的海滩岩可以用来垒墙盖房,时间愈长,这种由海滩岩建造的民房愈坚实。这是由于海滩岩被风沙覆盖后,淡水潜流和渗流作用对生物碎屑产生溶蚀,富含碳酸钙水分的蒸发,晶出方解石,致使海滩岩胶结得更坚实。

因此,这种胶结物的<sup>14</sup>C 同位素年龄已经不可能正确反映海相环境的年龄,因而也不能正确反映古海平面。这是一种海相沉积,但由于地壳抬升或海平面下降导致淡水渗流或潜流胶结的发生,故而称为海相陆成海滩岩,其中包括局部海成海滩岩。这类海滩岩在有的文献中也称海相表成或海相淡成灰岩(沙庆安等,1981)。

前人所称的古雷、官前和樟林海滩岩就是这种海相陆成(含海成)海滩岩,理由是:

1.这三种海滩岩组分中都含大量的砾和粗砂,累积百分比达 16.73—67.71%表 1。镜下显示古雷和樟林海滩岩都具双众数结构(图版 I, 6),砾石磨圆度好,古雷海滩岩中光滑的石英砾石中有大量风暴潮作用特有的刨蚀坑。樟林和官前海滩岩分选性比较好( $\sigma_1$  分别为

0.45及0.84), 概率曲线形态与沙丘岩表面相似。古雷海滩岩由于含砾石较多, 分选差, 反映跃移、推移概率曲线段斜率比较低, 上述说明官前、樟林、古雷海滩岩都是明显的高能环境下的风暴潮沉积。

2. 这三种海滩岩  $MgO$  分子含量都很低, 有的甚至远远低于沙丘岩; 电子探针显示胶结物主要为低镁方解石晶体; 颗粒间主要呈渗流胶结, 表明这些海滩岩在海相环境沉积后又脱离该环境, 而在陆相(淡水)环境下胶结成岩。

广澳及其附近好望角—崎壁山谷地中沙丘岩主要是风搬运海滩砂沉积, 并有坡积物参与。但由于该处距海仅数十至数百米, 迎风向海, 不象樟林海滩岩那样距海 8km; 也不象古雷海滩岩那样被砂土掩埋, 不易受风暴潮; 官前海滩岩虽然仅距海数十米, 但由于不处强迎风面, 所以不如广澳和好望角—崎壁山谷地沙丘那样易接受风暴潮海水细滴, 故而它的  $MgO$  分子数含量比前三者要高得多。特别是好望角—崎壁山谷地沙丘岩, 由于海拔低(十几至二十余米), 风暴潮作用时极易接受海水浪花, 所以  $MgO$  分子数含量高达 7.55%。为高镁沙丘岩。所以这种沙丘岩虽然主要由搬运海滩砂沉积, 即陆相沉积, 但胶结成岩时却包含了淡水渗流和海水渗流的混合胶结环境, 风暴潮时不仅浪花可能飞溅到较高海拔的沙丘上, 而且强风可能把富含海水的海滩砂不断吹扬滚动上爬, 甚至越过山脊风口进入背风坡。风暴过后在热带或亚热带气候条件下富含海水的被搬运至沙丘表面的海滩砂(这时已属沙丘砂), 海水很快蒸发并胶结, 所以胶结物中  $MgO$  分子数含量较高。由表 2 可知广澳沙丘岩  $MgO$  分子含量较古雷、官前、樟林海滩岩要高得多, 甚至出现文石针胶结, 这是由于海水中总是含有一定的  $Mg^{2+}$  和  $Sr^{2+}$ , 当强风把裹有海水的海滩砂从海滩搬运至沙丘上以后, 在热带或亚热带气候环境下, 裹着颗粒的海水迅速蒸发, 就会在颗粒表面形成含镁和锶的沉淀, 即为文石胶结物。只要形成时间不是足够长(本文论及的沙丘岩几乎都在 3000 年以内), 薄片上这种针状文石胶结物通过电子探针就会观察出来, 说明由强风夹带的海水在沙丘上的渗流胶结对沙丘的成岩起了很重要的作用。在好望角—崎壁山谷地内这一局部表生成岩环境, 可能对成岩起了主要作用。

## 结 论

1. 沙丘岩和沙丘有相同的沉积环境。历史沙丘岩和历史砂丘的沉积物粒度、组分反映的沉积学特征相似。

2. 沙丘岩和海滩岩具不同的沉积环境, 但在有些方面具相似的成岩环境。如都在热带亚热带气候环境下快速胶结; 在不同程度上都具淡、咸水渗流胶结等, 其中海水对成岩胶结的影响程度与碳酸盐岩距海岸的远近、风向等一系列环境条件有关。因此, 识别沙丘岩和海滩岩有时不能主要从成岩特处而应该主要从沉积特征认识。

3. 苏峰山东的海底砂可能是与潮沙脊沉积有关的沙丘砂; 兄弟岛北西的“海底硬地”可能是生物排出的钙质粘液胶结。

收稿日期 1989 年 1 月 24 日

## 参 考 文 献

- (1) 沙庆安等, 1981, 西沙群岛和海南岛现代和全新世海相碳酸岩的成岩作用——兼论海相表成(海相淡成)灰岩及其意义, 沉积岩石学研究, 科学出版社, 226-242 页。

- (2) 何起祥等, 1985, 海洋地质与第四纪地质, 5卷4期, 31-39页。
- (3) 徐起浩等, 1987, 热带地理, 7卷1期, 32-41页。
- (4) 刘以宣等, 1987, 热带海洋, 6卷4期, 1-9页。
- (5) 罗宾·巴瑟斯特, 1977, 碳酸盐沉积物及其成岩作用, 中国科学院地质研究所《碳酸盐沉积物及其成岩作用》翻译组译, 科学出版社, 157-161页。
- (6) 郑铁民、张君元, 1982, 台湾浅滩及其附近陆架地形和沉积特征的初步研究, 黄东海地质, 科学出版社, 52-66页。

## COMPARISON RESEARCH OF COAST DEPOSITS CARBONATITE ON THEIR SEDIMENTOLOGY AND PETROLOGY IN SOUTHERN FUJIAN AND EASTERN GUANGDONG

Xu Qihao

(Guangdong Provincial Seismic Bureau)

### Abstract

The article is going on the distinguishing of dune rock, dune, seabeach sand, beachrock and some offshore deposits through comparison researches of their sedimentologic and petrologic features.

The dune rock has great similarities to dune from the view of their sedimentologic features and landform distribution. Dip angle of the frontal deposit layer of the both is relatively large ( $> 30^\circ$ ). Components are mostly of middle to fine sands. The more favorable facing wind and sea, the more near by the frontal deposit layer, the dune rock is of, less source of slope wash and the cementation and sorting are better. A lot of slope wash, therefore, can be regarded as the principal marker of dune rock, by which it is distinguished from the non-marine deposits.

The sedimentological difference is obviously observed between beachrock and dune. The former was formed under the condition of windstorm tide and poorly sorted. The content of gravel and middle and coarse sands achieves over 80%.

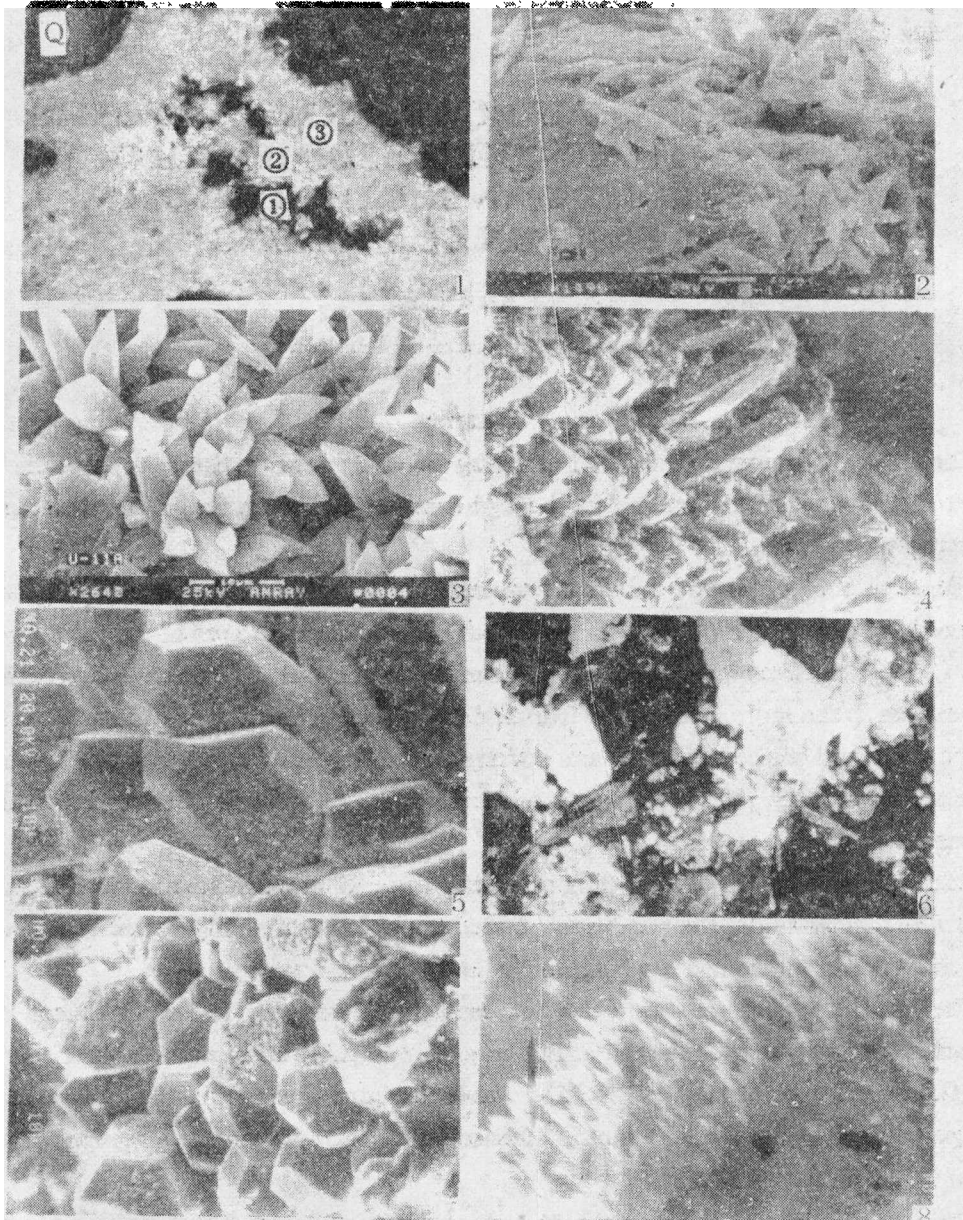
The beachrocks can be subdivided into marine sea-making and marine land-making. The former is mostly in the tide belt of the subsident or stable coast with a highery percentage of MgO molecule number (11.9-15.26), while the latter is mostly in the raised coast with a lower percentage (usually less than 5). Generally, the MgO molecule number of the dune rock at 22m a.s.l. reaches 7.41%.

Observations under have reveal that the cement of marine sea-making beachrock is composed mostly of rhombohedrens of high-Mg calcite and pessesses features of cementation under the current and vadose belt. whileof the marime land-making beachrock, it is composed mostly of granular and columnar calcite with low Mg and has the features of vadose cementation. Therefore distinguishing of dune rock from beachrock is not



mostly according to the characteristic of the petrology but that of sedimentology.

The hard ground of the seabed, which is referred to in this article, is probably the cementation of calc-mucus discharged by the organism. The formation of dune on the sea floor is probably related to the ridge of tidal sands of the zone.



1. 314 渔场下新礁海域沉溺海滩岩, 泥晶方解石杂基中存在孔隙, 孔隙壁上有一环马牙状沉淀晶方解石, E, +, 20×12.5. ①孔隙 ②淀晶方解石马牙状晶粒 ③泥晶方解石杂基 Q 石英陆屑。 2. 同上, 碎屑颗粒外及其表面上的高镁方解石泥晶胶结物。 3. 东山县前港沉溺海滩岩, 泥晶胶结物中的高镁方解石晶粒。 4. 樟浦县古雷海滩岩胶结物中之柱状、粒状方解石晶体。 5. 东山县官前村海滩岩胶结物中之粒状、柱状方解石晶体。 6. 澄海县樟林海滩岩, 双众数结构, 14.6×。 7. 汕头达濠半岛广澳尖石头山东坡沙丘岩胶结物中之粒状方解石, 表面有的被溶蚀。 8. 广澳沙丘岩胶结物中之文石针。